[illegible] 7
J. XII 235. 7ber 1853.

Afk.
4 m

Geschichte

der

Entdeckung

der

allgemeinen Gravitation

durch

Newton.

Gemeinfaßlich dargestellt

von

J. J. Littrow.

BIBLIOTHECA
CIVITATIS
BABENBERGENSIS.

Wien.

In der Fr. Beck'schen Universitäts-Buchhandlung.

1835.

Gedruckt bey J. P. Sollinger.

In der

Fr. Beck'schen Universitäts-Buchhandlung in Wien

sind nachstehende Werke erschienen und durch alle Buchhandlungen zu erhalten:

Littrow, J. J. (Director der k. k. Universitäts-Sternwarte), Kalender für alle Stände. 1833, 1834, 1835 (1836 unter der Presse). gr. 8. geh. 8 ggr.

— — über Lebensversicherungen und andere Versorgungs-Anstalten. gr. 8. 1832. geh. 18 ggr.

— — Vergleichung der vorzüglichsten Maße, Gewichte und Münzen mit dem im österreichischen Kaiserstaate gebräuchlichen. gr. 8. geh. 18 ggr.

— — die Wahrscheinlichkeitsrechnung in ihrer Anwendung auf das wissenschaftliche und practische Leben. gr. 8. 1833. geh. 15 ggr.

— — Chorographie oder Anleitung, alle Arten von Land-, See- und Himmelskarten zu verfertigen. gr. 8. 1833. geh. 1 Rthlr.

— — die Doppelsterne, gemeinfaßlich dargestellt. gr. 8. 1835. Mit 1 Tafel. geh. 18 ggr.

Von demselben Herrn Verfasser befindet sich unter der Presse:

Die Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels. gr. 8. 1835.

Mond-Karte:

Richard, A., der Mond gezeichnet und gravirt nach der Natur und mit Benützung der Specialkarten von Schröter, unter der Leitung des Herrn Directors der k. k. Universitäts-Sternwarte J. J. Littrow in den Jahren 1819 bis 1832. 1 Blatt 28 Zoll breit und 21 Zoll hoch. Die Zeichnung selbst 15 1/4 Zoll im Durchmesser. Nebst einem Bogen Erklärungen (nach Wunsch in deutscher, englischer, französischer oder italienischer Sprache). 6 Rthlr. 16 ggr.

Vega, G. Freyherr v., Vorlesungen über die Mathematik. I. Band, die Rechenkunst und Algebra enthaltend. 5. Auflage. gr. 8. 1829. 2 Rthlr. 12 ggr.

Burg, A., Auflösung algebraischer Gleichungen des ersten und zweyten Grades und solcher Aufgaben, die zu derley Gleichungen führen. gr. 8. 1827. 2 Rthlr. 16 ggr.

—— Handbuch der geradlinigen und sphärischen Trigonometrie. Mit 2 Kupfertafeln. gr. 8. 1826. 2 Rthlr. 8 ggr.

—— Sammlung trigonometrischer Formeln. Auch ein Nachtrag zur Trigonometrie. gr. 4. 1827. 2 Rthlr.

Erste Abtheilung.

Geschichts-Erzählung

der

Entdeckung der allgemeinen Schwere.

Unter allen Entdeckungen, die dem menschlichen Geiste in dem weiten Gebiethe der Wissenschaften bisher gelungen sind, ist wohl die der allgemeinen Schwere, die wir dem großen Newton verdanken, die glänzendste und wichtigste, da sie das Gesetz enthält, nach welchem alle Bewegungen auf unserer Erde und in unserem ganzen Sonnensysteme vor sich gehen; das große Gesetz, dem, wie wir bald sehen werden, selbst die entferntesten Himmelskörper, die jenseits der Gränze dieses Systemes das Weltall bewohnen, in schweigender Unterwürfigkeit gehorchen.

Es kann wohl nicht anders, als sehr anziehend seyn, zu sehen, auf welche Weise jener seltene Geist bis zu dieser hohen Idee gelangt ist. Selbst wenn wir ihn kämpfen und ringen, wenn wir ihn fehlen und unterliegen sehen, indem er der Natur ihre Geheimnisse zu entreißen sucht — selbst dann müssen wir ihn mit der innigsten Theilnahme, und hier besonders mit wahrhaft rein menschlicher Theilnahme betrachten. Er beleuchtete mit der Fackel seines Genius jene dunklen Gefilde, in die bisher noch kein sterbliches Auge gedrungen war, und obschon, seit er unter uns gewandelt hat, mehr als ein volles Jahrhundert verflossen ist, steht er noch da, unerreicht und unerreichbar, ein Riese unter den Pygmäen, sein hohes Haupt mit dem Strahlenkranze der Unsterblichkeit umwunden. — Aber, so hoch er auch über alle Anderen hervorragt, er war ein Mensch, er war nur ein Mensch, der seiner Zeit gehörte, in der und von der er lebte. Viele Große und Edle gingen ihm voraus, denen er Vieles verdankte, und ohne die er nicht Er geworden wäre. Selbst mit der Hülfe dieser Vorgänger und Zeitgenossen, vom Schicksal begünstigt und vom Glücke getragen, wie kaum irgend ein Anderer — glitt er aus auf seiner hohen Bahn, verfehlte seinen Weg, und mühte sich ab volle sechzehn Jahre seines kräftigsten Lebens, die Wahrheit zu finden, die er im Grunde, ohne es zu

wissen, schon als ein Jüngling von kaum zwanzig Jahren gefunden hatte, und zu der er nun von Anderen geführt werden mußte. Und doch erscheint er als der Führer dieser Anderen, als der Vorfechter unter den Eliten seiner Zeit. In der That, Er leitete sie in dem großen Kampfe, Er gewann die Schlacht, und, was auch Jene geleistet haben, Ihm gebührt der Lorbeer.

Die meisten großen Conceptionen, deren unsere Culturgeschichte erwähnt, sind zwar immer nur von Einem Manne ausgegangen; aber nicht bloß die Ausführung derselben, sondern jene erste Idee selbst entsprang gewöhnlich aus verwandten Ansichten mehrerer Vorgänger. Beynahe jede Epoche einer wichtigen Entdeckung ist durch eine Art von einer allgemeinen geistigen Fermentation eingeleitet worden, welche die Aufmerksamkeit der besten Köpfe des Jahrhunderts auf denselben Gegenstand gerichtet hat. Allmählig nimmt das Gedränge zu an der Stelle, wo der Schatz begraben liegt: zuerst Einzelne, dann Mehrere rütteln an dem verschlossenen Thore, bis endlich, wenn Alles vorbereitet ist, der Sohn des Glückes hervortritt aus der Menge, und mit einem Drucke seiner Hand die Riegel sprengt, wo dann aus der weit geöffneten Pforte ein Strom von Licht sich ergießt, der die ganze früher unbekannte und in Nacht begrabene Gegend weit umher mit seinen Strahlen beleuchtet.

So kam es, daß das Wachsthum der Wissenschaften, selbst unter der Beyhülfe aller Zeitgenossen, immer nur langsam vor sich ging, aber auch dafür nie von jenen gewaltsamen Erschütterungen begleitet war, welche die großen Epochen der Geschichte der menschlichen Herrschsucht zu begleiten pflegen, wo nur zu oft der Friedensstörer aus dem Staube der Unbekanntschaft sich erhebt, und seiner Zeit und ihren Vorurtheilen, allen göttlichen und menschlichen Gesetzen trotzend, selbst den Kampf mit den Elementen und mit den Geistern des Schicksals nicht scheuend, rings um sich Elend und Entsetzen verbreitet, Völker unter seine Füße tritt und Länder in ihrem Blute badet, um auf den Trümmern des zerstörten Glückes der Gegenwart und unter dem Fluche der Nachwelt seiner Dynastie einen Thron, und sich selbst, am Ende seiner Thaten, auf einer wüsten Insel im Weltmeere — ein Grab zu erobern.

(Frühere Vorgänger Newton's: Copernicus und Kepler.) Um die edlere Eroberung im Reiche der Wissenschaften, von welcher wir hier sprechen, gehörig zu würdigen, wird es angemessen seyn, einige Blicke auf das, was ihr unmittelbar vorherging, zu werfen. Newton, der zu Ende des siebenzehnten Jahrhunderts lebte, gingen vorzüglich zwey Männer voraus, deren jeder von sich und von ihm nahe ein ganzes Jahrhundert entfernt war. Copernicus (geboren 1472, gestorben 1543) hatte in dem großen Kampfe, den der Irrthum, von aller Macht des sinnlichen Scheins unterstützt, seit Jahrtausenden mit der Wahrheit kämpfte, durch einen entscheidenden Schlag den Sieg auf die Seite der letzteren gebracht. Er war es, der uns die eigentliche innere Einrichtung unseres Planetensystems kennen lehrte, die in ihren Mitteln eben so einfach, als in ihren Wirkungen zusammengesetzt erscheint, und der uns eben dadurch den Weg zeigte, auf dem allein eine wahre Kenntniß des Himmels noch möglich war. Er gab uns das neue Testament der Astronomie, und Kepler (geb. 1571, gest. 1630) lieferte uns eine neue, wesentlich verbesserte Auflage desselben, indem er das unnütze Gerüste der Epicykeln niederriß, und an deren Stelle die elliptische Bewegung der Planeten und die drey Gesetze stellte, nach welchen diese Bewegungen vor sich gehen. Dadurch erst gewann die Sternkunde eine mathematische Unterlage und eine eigentliche wissenschaftliche Gestalt.

Aber noch blieb die Ursache dieser Gesetze, gleichsam das einzige oberste Gesetz zu entdecken übrig, von dem jene drey nur die Folge seyn sollten. Zwar hatte er selbst mehr als eine Muthmaßung darüber aufgestellt, die der Wahrheit oft nahe genug kam — aber es waren eben nur Muthmaßungen, durch keine Rechnungen unterstützt, und aller eigentlichen Beweise entbehrend. An geistiger Kraft fehlte es ihm nicht, die Höhe zu erreichen, von welcher er die Abhängigkeit seiner Entdeckungen von einem obersten Gesetze übersehen haben würde; aber seine kläglichen Lebensverhältnisse, die Mißgunst des Zufalls, und vielleicht selbst die zu große Lebhaftigkeit seiner Imagination hinderte ihn, seinem Haupte die Krone aufzusetzen, deren er so würdig war.

(**Nächste Vorgänger Newton's: Bouillaud, Borelli, Hooke und Huygens.**) Diese beyden Männer gingen Newton in größerer Ferne voraus, ihm die Bahn zu bereiten, die er einst selbst laufen sollte. Aber auch in kleinerem Abstande fanden sich Vorgänger und Zeitgenossen, die denselben Weg zu ebenen sich bemühten. Bouillaud, ein Arzt aus Laon in Frankreich, bemerkte schon im Jahre 1645 in seiner Astronomia Philolaica, „daß, wenn die Sonne eine Kraft besitze, mit welcher sie auf die „Planeten wirkt, diese Kraft in demselben Verhältnisse abnehmen müsse, in welchem das Quadrat der Entfernung der Planeten von der Sonne zunimmt." — Wäre er so glücklich gewesen, die Wichtigkeit dieses Ausspruchs anzuerkennen, oder so beharrlich und geschickt, ihn anhaltend zu verfolgen und der Rechnung zu unterwerfen, so würde er der Entdecker des Princips der allgemeinen Attraction geworden seyn. Aber so blieb er unfruchtbar, wie so viele andere nicht minder wahre und reiche Ideen der Vorzeit, besonders der alten Griechen, die ebenfalls keine Früchte trugen, und als bloße, durch nichts unterstützte Meinungen ihrem Schicksale überlassen wurden.

Dieses Verfolgen des ersten flüchtigen Gedankens, dieses Brüten über ihm ist es, was allein ihn zur Reife bringen, was allein die Wissenschaft wahrhaft fördern kann. Wußte doch Newton selbst die Anfrage seines Freundes Halley, auf welche Weise er zu seinen großen Entdeckungen gekommen sey, nur mit den Worten zu beantworten: „indem ich unablässig darüber nachdachte."

Bald nach jenem Werke, in dem Jahre 1666, in welches, wie wir später sehen werden, die Epoche der ersten Entdeckung Newton's fiel, erschien Borelli's Schrift: Theoricae Medicearum planetarum, über die kurz vorher von Galilei entdeckten Satelliten Jupiters, in welchem die Ansicht aufgestellt wird, „daß die „Bewegungen der Planeten um die Sonne offenbar nach bestimmten Gesetzen, und zwar nach denselben vor sich gehen, „welche auch diese Satelliten auf ihren Bahnen um Jupiter, „und welche auch der Mond auf seiner Bahn um die Erde beobachtet" u. s. f. Eine eben so große als richtige Bemerkung, die aber aus derselben Ursache, wie jene, ebenfalls ohne Folgen blieb.

Noch näher trat der so lange verkannten Wahrheit Robert Hooke, ein Zeitgenosse Newton's und ein erfindungsreicher, aber unsteter, excentrischer Geist, den Newton schon bey seinen früheren optischen Untersuchungen so oft und nicht ohne Verdruß, seine eigenen Wege durchkreuzend, gefunden hatte. Schon in demselben verhängnißvollen Jahre 1666 las er der kön. Academie in London eine Abhandlung über die Abnahme der Schwere der Körper in verschiedenen Höhen über der Oberfläche der Erde vor, zu deren Messung er die Anzahl der Pendelschläge einer Uhr gebrauchte. Im May desselben Jahres trug er derselben Academie seine Darstellung der Bewegung der Planeten um die Sonne vor, wo er von der veränderlichen Kraft der Sonne auf die verschiedenen Planeten sprach, und die Bewegungen der letzteren mit derjenigen eines Pendels verglich, auf welches verschiedene Schweren wirken, und wo er die Entstehung der krummlinigen Bahnen der Planeten durch die Verbindung einer constanten Tangentialkraft der Planeten mit der veränderlichen Centralkraft der Sonne zu erklären suchte. In einer im Jahre 1674 von ihm herausgegebenen Schrift: „Versuch eines Beweises der Bewegung der Erde," stellt er die Sätze auf, „daß alle Himmelskörper eine gegen ihren Mittelpunct „gerichtete anziehende Kraft besitzen, wodurch sie nicht nur auf „ihre eigenen Elemente, sondern auch auf alle anderen Him„melskörper wirken; daß diese anziehenden Kräfte desto stärker „sind, je näher ihnen die angezogenen Körper gebracht werden, „und daß endlich diese Grundsätze, wenn sie weiter verfolgt „werden, die Astronomen dahin führen müssen, die Bewegun„gen aller himmlischen Körper auf ein bestimmtes Gesetz zu„rück zu bringen, indem gewiß die wahre Vervollkommnung „ihrer Wissenschaft nur in der richtigen Einsicht und Entwick„lung dieser Principien bestehen könne" u. s. f.

Endlich wurde auch Huygens, Newton's Zeitgenosse und Rival, oft auf demselben Wege mit ihm gefunden. Huygens (geb. 1625, gest. 1695) war ohne Zweifel einer der größten Geometer und der sinnreichsten Köpfe seiner und aller Zeiten. Seine Theorie der Evoluten, die von ihm entdeckten merkwürdigen Eigenschaften der Cyclois, seine Arbeiten über

die Wahrscheinlichkeitsrechnung, die von ihm entwickelte Theorie der Kreisbewegung und des Stoßes der Körper, des Schwingungspunctes der Pendeln, seine wesentlichen Verbesserungen der Gewicht- und Federuhren, seine optischen Entdeckungen über die Natur des Lichtes, über die Theorie der Fernröhre, über die doppelte Strahlenbrechung des isländischen Krystalls, selbst seine practischen Verbesserungen der Fernröhre, mit welchen er den ersten Satelliten Saturns und den Ring dieses Planeten entdeckte — alle diese und noch mehrere andere große Verdienste sichern ihrem Urheber eine der ausgezeichnetsten Stellen unter den Geistern seines Jahrhunderts, und es fehlte vielleicht nur Ein Schritt, um ihm selbst die erste, selbst die vor Newton, anzuweisen. Denn fünfzehn Jahre vor der ersten Erscheinung der „Princip. philos. naturalis" von Newton hatte Huygens bereits die oben erwähnten Eigenschaften der Centralbewegung in dem Kreise in dreyzehn Propositionen bekannt gemacht, und wenn er den Einfall gehabt hätte, nur zwey dieser Propositionen unter einander zu verbinden — und sie, bloß als ein Beyspiel, auf die Rotation der Erde um ihre Axe sowohl, als auch auf die Bewegung des Mondes um die Erde anzuwenden, was Newton eigentlich später gethan hat, und wodurch er eben auf seine große Entdeckung geführt wurde — so würde Er der Schöpfer des neuen Systems geworden seyn. Aber er versäumte es, diese Anwendung, diesen letzten Schritt zur Wahrheit zu machen, und mußte daher die Palme des Ruhms einem Andern, einem Glücklichern überlassen.

(Newton's Jugendjahre.) Isaak Newton (gebor. am 25. December 1642 alten Styls, gest. am 20. März 1727) war das einzige Kind seines Vaters, der ebenfalls Isaak hieß, und schon in seinem sechsunddreyßigsten Jahre, wenige Monathe nach seiner Trauung mit Harriet Ayscough, der Mutter unseres Newton's, starb. Newton kam erst nach dem Tode seines Vaters in Woolsthorpe zur Welt, einem kleinen Dorfe in der Pfarrey Colsterworth, in der Grafschaft Lincolnshire, nahe eine deutsche Meile südlich von der Stadt Grantham. Da seine Geburt einige Monathe zu früh erfolgte, so war er so klein, daß man ihn, wie

seine Mutter scherzend zu sagen pflegte, leicht in einem Quartkrug hätte verstecken können, und so schwach, daß die beyden Weiber, die Harriet gleich nach ihrer Niederkunft nach Grantham um einige stärkende Arzneyen schickte, mit der sichern Ueberzeugung fortgingen, bey ihrer Rückkunft das Kind nicht mehr lebend zu treffen. Aber die Vorsehung hatte es anders beschlossen, und dieses zerbrechliche Gefäß, das kaum fähig schien, seinen unsterblichen Geist auch nur Eine Stunde in sich zu verschließen, war bestimmt, eine kräftige Reife zu erleben, und selbst das gewöhnliche Ziel des menschlichen Lebens in beynahe steter Gesundheit zu überschreiten.

Mit seinem eilften Jahre besuchte er die öffentliche Schule zu Grantham. Nach der Erzählung, die später Newton selbst seinem Freunde Conduit über seine erste Jugend mittheilte, war er weder aufmerksam, noch fleißig in dieser Schule, und galt auch über ein Jahr für einen der Untersten und Letzten in seiner Classe. Eines Tages aber erhielt er von einem seiner Mitschüler, der für den Ersten in der Schule angesehen wurde, einen heftigen Schlag auf seine Brust, der ihn lange schmerzte. Da ihm dieser Knabe an körperlicher Kraft zu weit überlegen war, so suchte er, gleichsam sich zu rächen, ihn an geistiger Kraft zu übertreffen. Sein Wunsch war, seinem Beleidiger in der Schule vorgezogen zu werden. Fleiß und Geschick halfen ihm bald zu seinem Ziele: er ward, und von diesem Augenblicke an blieb er auch der Erste seiner Schule. Dieser Zwischenfall führte den früher indolenten Knaben zur Liebe an Arbeit und Beschäftigung, und entwickelte schnell die Hauptzüge seines Charakters.

Die letzte Zeit der drey Jahre, die er hier verweilte, beschäftigte er sich außer seinen Schulstunden vorzüglich mit der Mechanik, in welcher er sich bald viele practische Fertigkeit erwarb. Er construirte eine Windmühle, eine Wasseruhr und einen Wagen, den der darin Fahrende selbst in Bewegung setzen sollte. An den geräuschvollen Vergnügungen seiner jungen Gefährten nahm er nur selten Theil, aber er unterstützte dieselben durch mehrere oft künstlich gefertigte Spielzeuge, fliegende Drachen und dergleichen, auf deren Verbesserung er selbst in späteren Jahren gern wieder zurückzukommen pflegte. Auch die Zeichen-

kunst beschäftigte ihn anhaltend, und die Wände seiner Stube waren ganz mit von ihm gefertigten Rissen und Portraiten bedeckt. Selbst der Dichtkunst war er nicht abhold, wie er denn schon als Greis öfter mit einer Art von kindlicher Selbstgefälligkeit zu erzählen pflegte, daß er, als er noch auf der Schule zu Grantham war, sehr hübsche Verse gemacht habe, was sonderbar mit der Abneigung contrastirte, die er in seinem höheren Alter gegen alle poetischen Compositionen hegte, eine Abneigung, die oft bis zur völligen Mißachtung ging. Hier lernte er auch Miß Storey, das Mädchen seiner ersten und letzten Liebe, kennen. Ihre Gesellschaft zog er jeder andern vor, und er kannte keine angenehmere Beschäftigung, als ihr kleine Tische, Schränke und dergleichen zu verfertigen, welche sie bey ihren Arbeiten gut und gern brauchen konnte. Seine Zuneigung zu dem jungen Mädchen scheint erst mehrere Jahre später, als er Grantham schon verlassen hatte, in eigentliche Liebe übergegangen zu seyn. Aber die Dürftigkeit beyder Theile hinderte sie, an eine innigere Verbindung zu denken. Miß Storey heirathete später einen andern Mann, und Newton setzte seine hohe Achtung für die Freundinn seiner Jugend bis in sein spätestes Alter fort. Er besuchte sie regelmäßig, wenn er nach Lincolnshire kam, das letzte Mahl in ihrem zweyundachtzigsten Jahre, wo er sie dann gewöhnlich von den kleinen öconomischen Hindernissen, die sie öfter drückten, zu befreyen suchte.

Im Jahre 1656, in seinem vierzehnten Jahre, wurde er von seiner Mutter wieder nach Hause genommen, um sie in ihren landwirthschaftlichen Geschäften zu unterstützen; aber es fehlte ihm alle Lust zu Dingen dieser Art. Irgend ein altes Buch, das er von seinen Nachbarn ausgeliehen hatte, die Ausführung eines Modells, die Verfertigung einer neuen Wassermühle, die Construction einer Sonnenuhr auf seinem Wohnhause — diese Gegenstände fesselten ihn viel mehr, als die Sorgen der Wirthschaft. So sah man ihn oft sinnend mit verschränkten Armen zwischen den Feldern gehend, während die Heerde, die er bewachen sollte, seitab sich verlor, die Wiese zertrat und das Getreide vernichtete. Hier traf ihn einst sein Onkel, William Ayscough, ein Geistlicher der Nachbarschaft, mit einem

geometrischen Buche hinter einer Hecke. Dieser Augenblick entschied die künftige Bestimmung Newton's. Der Onkel sprach seiner Mutter zu, den Jungen studieren zu lassen, da er doch zu nichts Anderem taugen wollte. Die Mutter gab, obschon unwillig, der Nothwendigkeit nach. Es wurde beschlossen, ihn an das Trinity-Collegium in Cambridge zu schicken, für welches der Geistliche, der früher auch daselbst studiert hatte, eine besondere Vorliebe hegte, der auch zugleich dem geringen Vermögen der Mutter, zur Unterstützung ihres Sohnes, zu Hülfe zu kommen versprach.

(Newton's Eintritt in die Universität zu Cambridge.)

Newton betrat diese Universität am 5. Juny des Jahres 1660, im achtzehnten Jahre seines Alters. Der Jüngling, der bestimmt war, einst der Wissenschaft eine neue Gestalt zu geben, kannte sie noch nicht, als er die ersten Stufen ihres Tempels betrat. Ohne den Beyrath wissenschaftlicher Freunde, die seine frühere Jugend hätten leiten sollen, kannte er nicht einmahl die bessern Bücher, aus welchen er sich selbst hätte belehren können. Er hatte mit Maschinen getändelt, und sich ganz seinem Hange zur practischen Mechanik überlassen. Als er in dem Trinity-Collegium ankam, brachte er weniger Vorkenntnisse mit, als der gewöhnlichste Schüler bey dem Eintritte in dieses berühmte Institut zu besitzen pflegt. Aber vielleicht war eben dieser Mangel der Entwicklung seines Geistes nur um so günstiger. Er hatte keine Vorurtheile zu besiegen, er durfte nichts verlernen, und so folgte sein jugendlicher Geist ganz den Gesetzen seiner eigenen Entwicklung; er konnte sich selbst gehen lassen den Weg des kleinsten Widerstandes, ohne von den Gebirgen von Hindernissen beirrt zu werden, die vor seiner Bahn sich aufthürmten, die er aber nicht kannte, und die er so bald und so glorreich bekämpfen sollte.

So wurde also Cambridge der eigentliche geistige Geburtsort Newton's. Hier entfaltete sich sein hoher Geist, hier versuchte der junge Aar seine ersten Flüge, und hier endlich, in den Mauern dieses Instituts, machte er die drey großen Entdeckungen, durch welche er seinen Nahmen für alle Zeiten

unsterblich gemacht hat: über das Licht, über die Infinitesimalrechnung, und über die allgemeine Schwere.

Seine ganze Aufmerksamkeit richtete sich, gleich im Anfange seiner Studien, auf die Mathematik. Seine erste Absicht, die er durch diese Wissenschaft zu erreichen gedachte, war, auf diesem Wege die Irrthümer der Astrologie zu zeigen, die zu jener Zeit, selbst unter den Gebildeten, noch viele Anhänger zählte. Euclid's Elemente, noch jetzt das vorzüglichste Werk der Geometrie, lernte er nur eben kennen, um es sogleich wieder aus den Händen zu legen. Er fand es zu leicht, und betrachtete die meisten der in ihm enthaltenen Theorien nur als eben so viele Axiome der Wahrheit, die sich, wie man sie hört, gleichsam von selbst versteht. Ohne weitere Vorbereitung wendete er sich sogleich zu der Geometrie des Descartes, die damahls großes Aufsehen machte, und für ein sehr schwer zu verstehendes Werk angesehen wurde. Bald darauf beschäftigte ihn Wallis Arithmetik des Unendlichen, Saunderson's Logik und Kepler's optische und astronomische Werke. Während der Lectüre dieser Werke pflegte er sofort Auszüge aus ihnen zu machen, und so schnell sollen seine Fortschritte in diesen Wissenschaften gewesen seyn, daß der zur Leitung seiner Studien angewiesene Tutor der Universität schon nach einigen Monathen erklärte: der Jüngling bedürfe seiner nicht weiter, und sey bereits gemacht, Andern Rath zu ertheilen, statt ihn von Andern zu empfangen.

In dem nächstfolgenden Jahre 1661 wurde er Subsizer (ein den andern aufwartender, sie bedienender Student), und erst im Jahre 1664 ein eigentlicher Scholar (freyer Student). Im Jahre 1665 nahm er den Gradus als Baccalaureus der freyen Künste. Zwey Jahre später wurde er Junior Fellow (jüngerer Professor), und im folgenden erhielt er ein Senior Fellowship. Im nächstfolgenden Jahre 1669 endlich wurde er an des berühmten Barrow's Statt, der seine Stelle freywillig, Newton zu Liebe, abgegeben hatte, Professor der Mathematik. Diese Stelle bekleidete er durch 26 Jahre bis zu 1695, wo er Münzwardein in London wurde. Vier Jahre später, im Jahre 1699, erhielt er das Vorsteheramt

der kön. Münze mit 15,000 Pfund (141,000 Gulden) jährlichen Gehaltes, welches er bis zu seinem Tode beybehielt, der, wie oben gesagt, im fünfundachtzigsten Jahre seines Lebens, am 20. März 1727 erfolgte.

Indem wir von den drey oben erwähnten großen Entdeckungen Newton's die beyden ersten einer andern Gelegenheit vorbehalten, wenden wir uns nun zur Erzählung der Geschichte der letztern, oder der Entdeckung der allgemeinen Schwere.

(Seine ersten Ideen von der Attraction der Körper.) Es war im Jahre 1666, im vierundzwanzigsten Jahre seines Alters, daß er sich von der Universität in Cambridge, in welcher Stadt eben eine verheerende Seuche ausgebrochen war, für einige Monathe auf das Land, in seinen Geburtsort Woolsthorpe begab. Hier saß er eines Tages in seinem Garten, als zufällig von einem vor ihm stehenden Baume ein Apfel zur Erde fiel. Dieser Zufall soll die erste Veranlassung zu der großen Entdeckung gewesen seyn, deren Geschichte wir hier mittheilen wollen.

Man hat diese Erzählung von dem Apfel lange als ein Mährchen in Zweifel gezogen. Allein erst in den neuesten Zeiten hat sie wieder eifrige Vertheidiger gefunden. Wie immer, steht dieselbe in keinem wesentlichen Zusammenhange mit dem Gegenstande selbst, der uns hier beschäftigen soll. Es mag genügen, hinzuzusetzen, daß dieser Apfelbaum noch viele Jahre nach Newton's Tod ein Gegenstand der allgemeinen Beachtung war. Erst im Jahre 1826 wurde der morsche Stamm von einem Sturm gestürzt. Turner, der den Garten mit dem nebenan stehenden Häuschen, der Geburtsstelle Newton's, durch Kauf an sich gebracht hatte, ließ aus dem Holze des gefallenen Baumes einen Stuhl verfertigen, der nun den Verehrern des großen Mannes, wenn sie diesen Ort besuchen, als ein Denkmahl desselben, und zugleich zur Erinnerung an jene Erzählung gezeigt wird. Sie ist übrigens nicht die einzige ihrer Art. Auch von Galilei, auf den noch jetzt sein Vaterland mit gerechtem Stolze zurück sieht — auch von ihm erzählt man, daß er, noch ein Jüngling, durch den Anblick einer schwingenden Lampe, die von dem

Innern des Domes der Kirche zu Pisa herabhing, auf die Theorie des Pendels, und dadurch auf das Gesetz des freyen Falls der Körper geleitet worden sey.

Wenn auch diese Nachrichten weniger begründet seyn sollten, als sie es vielleicht in der That sind, immer geben sie, obschon keinen Beweis, doch ein Beyspiel mehr von der alten Lehre, daß unter den Erscheinungen der Natur keine zu gering geachtet werden soll, da oft die kleinste derselben, gehörig gewürdigt, durch ihren Zusammenhang mit den übrigen, zu den wichtigsten Resultaten führen kann.

Diese Beachtung aber der scheinbar geringfügigsten Dinge, dieses Aufsuchen des geheimen Bandes, welches alle Phänomene der Natur unter einander verbindet, diese Eigenschaften eben sind es, die den Beobachter machen, und die ihn, wenn er von innerer Kraft und Ausdauer unterstützt, und vom Glücke begünstigt wird, oft zu den glänzendsten Entdeckungen leiten.

(Fragen, die sich ihm darbothen.) Warum fiel der Apfel, warum fällt überhaupt jeder Körper, wenn er nicht gehalten oder unterstützt wird, in einer senkrechten Richtung zur Erde? Ist in dieser Erde etwas, ein Vermögen, eine Kraft, die ihn zwingt, dieß zu thun? So scheint es in der That. Und wenn es nun so wäre, auf welche Weise, nach welchem Gesetze wirkt diese Kraft, und wie weit erstreckt sie sich von der Erde? Wenn sie z. B. bis zu dem Monde, zu diesem treuen Begleiter unserer Erde, reicht, was thut sie dort? Hier unten sehen wir den Stein zur Erde fallen, dort oben aber sehen wir den Mond zwar nicht zur Erde fallen, sondern nur um dieselbe sich bewegen. Wenn aber jener Fall des Steines eine Folge dieser Kraft der Erde seyn soll, könnte nicht auch dieser Umschwung des Mondes eine Folge derselben Kraft seyn? Und wenn auch dieses, ob man gleich, auf den ersten Blick wenigstens, die Verbindung zwischen diesen beyden Dingen nicht so leicht bemerkt — wenn auch dieses noch zugegeben würde, dürften wir nicht noch weiter gehen, und dieselben Schlüsse auch auf diese Erde selbst, ja auf alle übrigen Planeten unseres Sonnensystems anwenden? In der That, die Erde und alle Planeten bewegen sich, wie schon

Copernicus gezeigt hatte, in Kreisen um die Sonne, so wie sich der Mond in einem, wenn gleich viel kleineren Kreise um die Erde bewegt. Wird der Mond zu dieser Bewegung durch die Kraft der Erde, die in dem Mittelpuncte seiner Bahn liegt, gezwungen, warum sollte nicht auch der so viel größeren Sonne eine ähnliche, aber ebenfalls viel größere, viel weiter reichende Kraft beywohnen, durch welche sie die Planeten zwingt, sich um sie, als um den gemeinschaftlichen Mittelpunct aller ihrer Bahnen zu bewegen?

Großartige Fragen, fürwahr, besonders wenn man auf ihre erste Veranlassung, auf den Fall eines Apfels oder eines Steines, zurückgeht. Wie viele Millionen Menschen, seit die Erde steht, sahen so gut wie Newton, diese Steine fallen, ohne so zu fragen. Und auch hochwichtige Fragen ohne Zweifel, da, wie man sieht, von ihrer Beantwortung unsere Kenntniß von der innern Einrichtung und Organisation des ganzen großen Weltsystems abhängt. Auch scheinen sie recht gut zusammen zu hängen, da eine, gleichsam wie von selbst, schon aus der andern folgt.

Und doch — es sind nur Fragen, Meinungen, Hypothesen, und nichts weiter. Der Einfältige allerdings pflegt so nicht zu fragen; aber es gab der gescheidten Leute in alten und neuen Zeiten mehr als Einen, die es wohl konnten. Man hat die vielleicht noch schöneren, noch kühner ausgedrückten Stellen der Alten, aus Plutarch, Cicero, Seneca, Vitruv, so wie die ähnlichen Meinungen von Martianus Capella, Baco und Anderen längst gesammelt, und zur Bekräftigung des gemeinen Sprichworts zusammengestellt, daß nichts Neues mehr unter der Sonne gefunden werden soll. Auch waren Kepler, Hooke, Huygens, nach dem, was wir oben von ihnen gehört haben, wohl auch die Männer, die so fragen konnten, ja die selbst in der That so oder doch eben so gut gefragt haben. Aber eben, weil sie Alle nur so fragten, ohne sich weiter um die Antwort auf die Fragen zu bekümmern, weil Keiner die Sache weiter verfolgen und näher untersuchen, weil Keiner mit dem Griffel in der Hand sie auf dem allein untrüglichen Probiersteine der Rechentafel untersuchen wollte, eben deßhalb blieb auch die Sache, wie sie war, eine

Meinung, eine Hypothese, die, in sich selbst unfruchtbar, keine weiteren Folgen hatte, und endlich mit so vielen andern ihres Gleichen der Vergessenheit übergeben wurde.

Opinionum commenta delet dies.
Cic.

(Nähere Untersuchung der Hauptfrage.) Nicht so Newton. Als er die große Idee ergriffen und ihre Wichtigkeit anerkannt hatte, hielt er sie fest, verlor sie viele Jahre durch nicht mehr aus dem Gesichte, und ruhte nicht eher, bis er sie der Rechnung unterworfen, bis er durch diese Rechnung selbst, das heißt, durch die einzig wahre Art zu beweisen, die Wahrheit derselben dargethan, und über allen weiteren Zweifel erhoben hatte.

Es war ihm also zuvörderst darum zu thun, ob denn in der That dieselbe Kraft der Erde, die den fallenden Stein zu sich zieht, es ist, die auch den nächsten aller Himmelskörper, den Mond, zwingt, seine kreisförmige Bahn um die Erde zu beschreiben.

Zu diesem Zwecke mußte er aber zuerst drey Dinge kennen, ohne welche jene Berechnung so gut als unmöglich war: I. die Art, auf welche diese Kraft der Erde die nahen und fernen Körper außer ihr anzieht; II. die Umlaufszeit des Mondes um die Erde; und III. die Entfernung desselben von dem Mittelpuncte der Erde in demselben Maße mit der bereits bekannten Fallhöhe der Körper ausgedrückt, um beyde mit einander vergleichen zu können.

I. **(Bestimmung der Wirkung dieser Kraft.)** In allen diesen drey Rücksichten war ihm von seinen Vorgängern, wenn gleich nicht in allen mit derselben Genauigkeit vorgearbeitet worden. So ausgezeichnet seine Triumphe waren, so viele war er davon auch den Andern schuldig. Sie hatten die Fackel der Untersuchung bereits in jene dunkle Gegenden getragen, und die Bahn beleuchtet, die er ohne ihre Hülfe wohl nie gefunden hätte. Darum erkennen wir nicht minder die Verdienste des seltenen Mannes, des Lenkers, des Bindungs-

mittels, wenn wir so sagen dürfen, aller ihm vorhergegangenen geistigen Kräfte. Auch liefert uns die Geschichte der Wissenschaften kein Beyspiel, daß Ein Mann seiner Zeit so weit vorausgeschritten wäre, um ihrer nicht weiter zu bedürfen. Genug, daß er sie zu nützen, und die vereinten Kräfte Aller zu seinem Zwecke anzuwenden wußte.

Schon Kepler hatte, ein Jahrhundert vor Newton, bemerkt, daß die Kraft der Sonne, mit welcher sie alle Planeten um sich bewegt, in größeren Entfernungen von ihr immer kleiner werden müsse, weil die weiter von ihr abstehenden Planeten sich immer langsamer bewegen; und er stellte selbst in seinen Schriften die Muthmaßung als sehr wahrscheinlich auf, daß diese Kraft der Sonne auf verschiedene Körper sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung dieser Körper von der Sonne verhalten könnte, daß also diese Kraft in der zwey-, drey- oder vierfachen Entfernung von der Sonne nur den vierten, neunten oder sechzehnten Theil derjenigen Wirkung habe, welchen sie in der einfachen Entfernung ausübt. Wenn Kepler diese wichtige Sache etwas genauer betrachtet hätte, so würde er sie nicht bloß als eine Vermuthung, sondern als eine ausgemachte, durch die Beobachtungen unmittelbar schon erwiesene Wahrheit aufgestellt haben. Denn nach dem von ihm selbst entdeckten sogenannten dritten Gesetze der planetarischen Bewegungen verhielten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten, wie die Würfel der Halbmesser ihrer kreisförmigen Bahnen. Allein, wenn ein Körper in einem Kreise um einen festen Punct, den Mittelpunct dieses Kreises, sich bewegt: so verhält sich das Quadrat seiner Umlaufszeit wie der Halbmesser dieses Kreises, dividirt durch den Druck, welchen der Körper senkrecht auf seine Bahn ausübt. Dieser Druck kann aber als die Kraft angesehen werden, welche gegen den Mittelpunct des Kreises gerichtet ist, und durch deren Wirkung sich eben der Körper in dem Kreise bewegt. Verbindet man diese beyden Sätze mit einander, so folgt sofort, daß bey allen Bewegungen der Körper im Kreise die Centralkraft sich verhält, wie verkehrt das Quadrat des Halbmessers, das heißt, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers.

Newton kannte diesen Satz von dem Drucke der in Kreisen einhergehenden Körper, den Huygens in seinen oben erwähnten Propositionen schon früher eben so schön als klar erwiesen hatte. Newton gestand dieß später selbst in einem Briefe an Halley. Noch vielmehr aber war ihm jenes dritte Kepler'sche Gesetz bekannt, da es unter den Astronomen bereits allgemein angenommen, und sogar auf den Schulen vorgetragen wurde. Es mußte ihm daher leicht seyn, aus der Verbindung beyder die Art abzuleiten, nach welcher die Sonne auf die Planeten wirkt, und daraus war der Uebergang auf eine ähnliche Kraft der Erde für den Mond gleichsam von selbst gegeben.

II. (Bestimmung der Umlaufszeit des Mondes.) Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde war schon den alten Griechen mit großer Genauigkeit bekannt, wie denn dieses Element überhaupt bey allen Himmelskörpern sich am leichtesten und zugleich am sichersten bestimmen läßt, wenn man auch nur zwey, von einander in der Zeit s e h r e n t f e r n t e Beobachtungen des Gestirns besitzt, selbst wenn diese Beobachtungen nicht eben die allergenauesten seyn sollten.

Diese Umlaufszeit des Mondes ist nähmlich die Periode, an deren Ende der Mond wieder genau zu demselben Fixstern kommt, bey dem er im Anfange dieser Periode gewesen ist. Nehmen wir also an, wir hätten heute genau im Augenblicke der Mitternacht die Bedeckung eines solchen Sterns vom Monde beobachtet. Wenn wir nach vier Wochen den Mond wieder betrachten, so werden wir ihn wieder demselben Stern nahe kommen, und wohl auch wieder bedecken sehen. Die Zeit zwischen beyden Beobachtungen wird die gesuchte Umlaufszeit des Mondes seyn. Man findet sie beynahe gleich 27 Tage, 7 Stunden, und etwa 43 Minuten.

Allein diese beyden Beobachtungen können leicht noch einigen kleinen Fehlern unterworfen seyn, nicht sowohl wegen der nicht genauen Auffassung des eigentlichen Moments der beyden Bedeckungen, denn diese ist in der That sehr leicht mit großer Schärfe zu beobachten, besonders wenn der dunkle Rand des Mondes es ist, hinter welchen der Stern zuerst verschwin-

det. Aber es gibt noch viele andere Ursachen, welche diese Bestimmung der Umlaufszeit unsicher machen können. Ohne uns aber hier weiter dabey aufzuhalten, wollen wir annehmen, daß, aller Vorsicht ungeachtet, die Summe der Fehler, die man in diesen beyden Beobachtungen begangen hat, eine volle Zeitminute betrage. Die so gefundene Umlaufszeit wird also auch um eine Minute größer oder kleiner seyn, als die wahre.

(**Sicherheit dieser Bestimmung der Umlaufszeit des Mondes.**) Nehmen wir nun an, daß man die zweyte Beobachtung, nicht gleich bey der nächstfolgenden zweyten, sondern erst bey der zehnten Bedeckung, seit jener ersten, also nach zehnmahl 27 Tagen 7 Stunden gemacht habe. Da es sich hier auch nur wieder um zwey Bedeckungen, nähmlich um die erste und die letzte handelt, und da diese zwey Beobachtungen in nichts von jenen beyden ersten verschieden, also auch im Allgemeinen ganz denselben Schwierigkeiten unterworfen sind, indem es, hier wie dort, nur um die genaue Auffassung des Anfangs und des Endes einer gewissen Periode, diese mag kurz oder lang seyn, zu thun ist, so werden wir also wieder annehmen müssen, daß der Totalfehler beyder Beobachtungen derselbe wie zuvor, also wieder eine Minute ist. Allein unsere zweyte Periode enthält 10 Umlaufszeiten, und muß daher durch 10 dividirt werden, um die gesuchte einfache Umlaufszeit zu erhalten. Der Fehler der ganzen Periode ist aber eine Minute, also beträgt auch der Fehler der so gefundenen Umlaufszeit nur den zehnten Theil einer Minute, oder nur 6 Secunden. Wenn wir also vorhin, wo wir zwey nächste Bedeckungen mit einander verglichen, die Umlaufszeit um eine ganze Minute fehlerhaft erhielten, so bekommen wir jetzt, wo wir eine Periode von 10 Umlaufszeiten wählten, dieselbe schon auf 6 Secunden genau. Man sieht leicht, wie dieß immer besser wird, je größer man die Periode nimmt. Eine Periode von 60 Umlaufszeiten wird uns unsere Zeit bis auf 1 Secunde, eine von 600 Umlaufszeiten bis auf $1/_{10}$ einer Secunde genau geben u. s. w.

Nun fehlt es uns aber keineswegs an so alten Beobachtungen des Mondes, die 600 und noch mehr Umlaufszeiten von einander entfernt sind. Schon der alte Ptolemäus, der 130 Jahre nach dem Anfange unserer Zeitrechnung lebte, hat uns nicht nur seine eigenen und die Beobachtungen des großen Aristarch, der 380 Jahre vor ihm lebte, sondern auch noch ältere Beobachtungen des Mondes mitgetheilt, welche die Chaldäer um das Jahr 720 vor Christi Geburt in Babylon angestellt haben. Die Schriften der Araber enthalten ebenfalls eine große Anzahl solcher Beobachtungen aus dem achten und neunten Jahrhundert, und in unsern Tagen zumahl fehlt es noch viel weniger an neueren Beobachtungen, die man mit jenen vergleichen kann. Wählt man z. B. eine aus dem Anfange des Jahres 1800, und stellt sie mit jenen der Chaldäer zusammen, so erhält man eine Zwischenzeit von 2520 Jahren, jedes derselben zu 365¼ Tag gerechnet, also eine Periode von 920430 Tagen, in welcher der Mond seinen Umlauf um die Erde über 33688 Mahl vollendet hat, so daß also, selbst ein Fehler von einem ganzen Tag in einer der beyden Beobtungen, die gesuchte Umlaufszeit des Mondes nur um den 33688sten Theil eines Tages, oder um 2⅗ Secunde ändern würde.

Auf diese Weise hat man also die Umlaufszeit des Mondes in Beziehung auf die Fixsterne, oder die sogenannte siderische Revolution des Mondes in Tagen und Theilen des Tages ausgedrückt, mit großer Genauigkeit gleich 27.321661423 Tagen gefunden.

III. (**Bestimmung der Grösse der Erde.**) Die Größe des Halbmessers der Erde war schon in den ältesten Zeiten ein Gegenstand der eifrigen Untersuchung der Astronomen. Wenn man die Erde als eine Kugel annimmt, so braucht man bloß die Größe eines bestimmten Theiles ihres Umfangs, z. B. die Größe eines Grades in Toisen zu messen, um daraus durch eine leichte Rechnung den Halbmesser der Erde ebenfalls in Toisen zu finden. Da nähmlich, wie bekannt, in jedem Kreise die halbe Peripherie 3.141593 Mahl größer ist als

der Halbmesser, so darf man bloß die Länge des Grades in Toisen durch die Zahl $\frac{180}{3.14159}$ d. h. durch 57.29577 multipliciren, um den Halbmesser der Erde zu erhalten. Die älteste Messung dieser Art ist von Eratosthenes im Jahre 276 vor Christi Geburt bey Alexandrien ausgeführt worden. Nimmt man die Correctionen, welche Schmidt (mathematische Geographie; Göttingen 1829, Vol. I. Seite 164) daran anzubringen glaubte, für gut an, so würde daraus die Länge eines Breitengrades der Erde gleich 364980 Pariser Fuß folgen. Etwa 70 Jahre vor Christi Geburt wiederholte Possidonius dieselbe Messung zwischen Rhodus und Aegypten, aber sein Resultat ist wohl noch unverläßlicher, als jenes. Erst spät nach dieser wurde im Anfange des neunten Jahrhunderts eine dritte Vermessung dieser Art von arabischen Astronomen unter der Regierung des Kalifen Almamon vorgenommen, und der Grad der Erde gleich 352260 Fuß gefunden. Diese drey Messungen sind bis zur Wiederherstellung der Wissenschaften im sechzehnten Jahrhundert die einzigen, deren die Geschichte erwähnt.

Es ist auffallend, daß sie alle den Erdgrad, also auch den Erdhalbmesser, bedeutend zu groß geben. Zu dieser Zeit nahm ein französischer Arzt, Fernel, diesen Gegenstand wieder vor, und fand den Meridiangrad gleich 342420 Fuß. Obschon diese Bestimmung mit den neuen Vermessungen der Erde sehr gut übereinstimmt, so fand sie doch kein Vertrauen, da die Art, mit welcher Fernel verfuhr, beynahe gar keine Genauigkeit zuläßt, so, daß er wohl nur zufällig der Wahrheit so nahe gekommen seyn mag. — Der Erste, welcher diesen Gegenstand wissenschaftlich behandelte, war Snellius in Leyden, der im Jahre 1615 den Grad gleich 330432 Fuß fand. Bald nach ihm, im Jahre 1634, beschäftigte sich auch der Engländer Norwood auf dieselbe Weise wie Snellius mit diesem Gegenstande, und fand den Grad gleich 343800 Fuß.

Dieß waren die Vermessungen, welche bis zum Jahre 1666, wo Newton sie zur Grundlage seiner Rechnungen machen wollte, ausgeführt worden waren. Von den ihnen folgenden, die sich durch eine viel größere Genauigkeit auszeichneten, erwähnen wir hier nur derjenigen, die Picard im Jahre 1669 in Frankreich

unternahm, und die erst später von Lahire, Cassini, Delambre und Mechain weiter ausgeführt worden ist. Picard fand den Breitengrad gleich 342360 Fuß, woraus der Erdhalbmesser gleich 19 615780 Fuß folgt. Wir werden später auf diese Vermessung wieder zurückkommen. Newton konnte sie aber zu jener Zeit, von der wir sprechen, nicht anwenden, da sie erst drey Jahre nach 1666 gemacht worden ist.

Er gebrauchte aber auch die von Snellius oder die von seinem Landsmanne Norwood angestellte Messung nicht, wahrscheinlich, weil die Nachricht davon damahls noch nicht zu seiner Kenntniß gekommen war, oder auch, weil in dem Dorfe, auf welches er sich der Pest wegen zurückgezogen hatte, die Bücher, in welchen diese damahls noch neuen Nachrichten enthalten waren, nicht in seinem Bereiche seyn mochten. Er nahm daher, gemäß der damahligen allgemeinen Voraussetzung, die auch ihm im Gedächtnisse geblieben war, den Erdgrad in runder Zahl zu 60 englischen Meilen an. Da die englische Meile 4954.19 Pariser Fuß hat, so war die Länge dieses Grades gleich 297251, und der daraus folgende Halbmesser der Erde gleich 17 031230 Fuß. Man sieht, daß die beyden letzten Zahlen beträchtlich, beynahe um ein Siebentheil kleiner sind, als die oben aus der Messung Picard's angeführten Resultate.

(**Bestimmung der Entfernung des Mondes von der Erde.**) Eigentlich ist es aber nicht sowohl dieser Halbmesser der Erde, den wir nach III. (Seite 20) zu unserem Zwecke zu kennen brauchen, sondern vielmehr die Entfernung des Mondes von dem Erdmittelpuncte. Diese läßt sich aber ganz auf dieselbe Weise bestimmen, auf welche jeder Feldmesser die Entfernung eines Baumes oder eines Berges findet, zu dem er nicht unmittelbar kommen kann. Nehmen wir, um dieß kurz darzustellen, an, daß ein Beobachter den Mond in seinem Zenithe bey einem Stern sieht, während ein zweyter Beobachter ihn eben, bey seinem Untergange, am Horizonte bemerkt. Der zweyte wird also den Mond nicht mehr bey jenem Stern, sondern er wird ihn, wie man aus bereits angestellten Beobachtungen dieser Art weiß, nahe in der Entfernung von 0.952 Graden sehen.

Dieß vorausgesetzt, hat man in dem Dreyecke, zwischen dem Monde, dem Mittelpuncte der Erde und dem zweyten Beobachter, auf der Oberfläche der Erde zwey Winkel bekannt, nähmlich den rechten Winkel an dem Beobachter und den Winkel am Monde, der 0.952 Grade beträgt. Nimmt man nun auch die dem letzten Winkel gegenüberstehende Seite oder den Erdhalbmesser als bekannt an, so findet man durch eine äußerst einfache Rechnung auch die dem rechten Winkel gegenüberstehende Seite, oder die Entfernung des Mondes von dem Mittelpuncte der Erde. In unserem Falle erhält man für diese Entfernung des Mondes 60.16 Erdhalbmesser.

So ist uns also die Entfernung des Mondes von der Erde, aber nur in Erdhalbmessern ausgedrückt, bekannt geworden. So lange wir daher nicht zugleich wissen, wie groß dieser Erdhalbmesser in irgend einem bekannten Maße, z. B. in Pariser Fussen ausgedrückt ist, so lange bleibt uns auch jene Entfernung des Mondes im Grunde unbekannt. Dazu also, oder um uns diese Kenntniß zu verschaffen, dienen die vorhin erwähnten Gradmessungen der Erde. Nach Picard's Messungen, die wir unter den oben genannten als die besten und der Wahrheit schon sehr nahe ansehen können, beträgt der Erdhalbmesser 19 615780 Pariser Fuß. Da nun nach dem eben Gesagten der Mond von dem Mittelpuncte der Erde 60.16 solcher Erdhalbmesser entfernt ist, so beträgt diese Entfernung des Mondes nach Picard 1180 085325 Fuß. Allein Newton nahm, der damahls allgemein als nahe richtig vorausgesetzten Uebereinkunft gemäß, den Erdhalbmesser zu 17 031230 Fuß, daher er auch die Entfernung des Mondes nur gleich 1024 598797 Fuß fand. Dieß ist also beträchtlich von der Wahrheit verschieden. Die Differenz beyder Angaben beträgt volle 155 486528 Fuß, oder wenn die deutsche geographische Meile zu 22842 Fuß angenommen wird, über 6807 solcher Meilen. Wir werden bald sehen, daß dieser Unterschied oder dieser Irrthum in seiner Annahme der Größe des Erdhalbmessers es eigentlich war, der Newton so lange in seinen Forschungen aufgehalten, und seine Entdeckung verzögert hat.

(Uebergang von diesen Betrachtungen zur Auflösung des Problems.) Es war ihm bereits aus den Beobach-

tungen Anderer bekannt, daß auf der Oberfläche der Erde jeder Körper in der ersten Secunde nahe durch 15 Pariser Fuß (genauer durch 15.09817 Fuß in der geographischen Breite von Paris) fällt, und daß dieser Fall nahe eben derselbe ist in den tiefsten Schachten, so wie auf den höchsten Bergen, zu denen wir bisher gelangen konnten. Ein Anderer würde vielleicht daraus geschlossen haben, daß eben wegen dieser immer gleichen Größe des Falles auch die Kraft der Erde überall dieselbe, oder daß sie eine constante Kraft seyn müsse, und dieser Einfall allein wäre hinreichend gewesen, Alles zu verderben, und ihn von jeder weitern Untersuchung abzuhalten. Allein er war von der Abnahme dieser Kraft in größeren Entfernungen, und zugleich von dem oben (unter I.) angeführten Gesetze dieser Abnahme so innig überzeugt, daß er sich dadurch nicht irre machen ließ, ja daß er sich vielmehr eben dadurch in seiner ersten Vermuthung noch mehr bestärkt fühlte. Weil nähmlich, sagte er sich selbst, weil diese Kraft, selbst auf den Gipfeln unserer höchsten Berge, noch keine merkliche Abnahme zeigt, da sie doch, das stand fest, in größeren Entfernungen abnehmen muß, so wird sie wohl nur sehr langsam abnehmen, wird also auch in sehr großen Entfernungen von der Erde noch immer groß genug seyn, den Stein an sich zu ziehen, wird also auch vielleicht selbst in der Entfernung des Mondes noch wirksam oder noch stark genug seyn, auch diesen großen Stein noch näher an sich zu ziehen, und es wird daher schon aus dieser Ursache nicht unrecht seyn, zuzusehen, ob sie das auch wirklich thut. Zwar zieht die Erde den Mond nicht eben so, wie jenen Stein, an sich; der Stein fällt in der That zur Erde, während der Mond im Gegentheile, da er einen Kreis um die Erde beschreibt, immer in derselben Entfernung von ihr bleibt. Aber diese Bewegung des Mondes in einem Kreise, dessen Mittelpunct die Erde ist, scheint doch auch wieder deutlich zu zeigen, daß sie ihren Ursprung, ihren eigentlichen Grund, in dieser Erde selbst haben müsse. Fällt doch auch der Stein nur dann senkrecht zur Erde, wenn er aus der ruhenden Hand fällt. Wenn er aber von dieser Hand seitwärts geworfen wird, so sehen wir ihn nicht mehr senkrecht fallen, sondern auch eine krumme Linie beschreiben, und diese krumme Linie ist desto größer, je größer

die Kraft ist, mit welcher ihn die Hand geworfen hat. Die Kugeln unserer Feuergewehre und größeren Geschütze geben davon eben so bekannte als auffallende Beyspiele. Diese Kraft der Erde, diese Anziehung derselben wirkt also, wie wir sehen, anders auf ruhende, und wieder anders auf schon bewegte, auf schon durch andere Kräfte in Bewegung gesetzte Körper. Könnte dieß nicht auch bey dem Monde der Fall seyn? Könnte er nicht, eben wegen dieser Anziehung der Erde, seine Bahn um dieselbe beschreiben? Würde dasselbe nicht auch mit jenen Kugeln unserer Geschütze der Fall seyn, wenn wir ihnen nur eine hinlänglich starke Ladung geben könnten? Diese Kugeln gehen immer weiter, sie beschreiben, ehe sie wieder zur Erde fallen, einen immer längern Bogen über derselben, je stärker ihre Ladung ist. Was hindert uns anzunehmen, daß eine noch viel stärkere Ladung sie endlich ganz um diese Erde herumtreiben würde, so wie auch der Mond, wie es scheint, in der That von einer solchen Kraft um die Erde herumgetrieben wird.

Diese Fragen in's Reine zu bringen, waren nun vor Allem zwey Dinge nothwendig. A. Mußte ausgemacht werden, wie groß diese Kraft der Erde in der Gegend des Mondes ist, und B. welche Wirkung sie dort auf die Bewegung dieses Gestirns hervorbringt.

Beyde Dinge konnten offenbar nur durch Rechnung entschieden werden, und hier war es, wo sein eigentliches Geschäft anfing.

A. (Grösse der Anziehung des Mondes durch die Erde.)

Wie groß ist die Kraft der Erde in der Gegend des Mondes? — Das heißt mit anderen Worten: Auf der Oberfläche der Erde fällt jeder Körper in der ersten Secunde durch 15 Fuß: wie viel Fuß wird er in der Entfernung, in welcher jetzt der Mond sich bewegt, in derselben Zeit von einer Secunde fallen?

Die Antwort auf diese Frage ist, nach dem, was oben gesagt wurde, sehr leicht. In der That, wir haben gesehen, daß die Kraft der Erde auf alle Körper außer ihr sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung derselben von dem Mittelpuncte der

Erde verhält. Der höchste Berg, den wir kennen, ein Pic des Himalaya in Tibet, hat 24100 Pariser Fuß. Seine Höhe ist also noch nicht der achthundertste Theil des Halbmessers der Erde nach Picard, denn die Entfernung seines Gipfels von dem Mittelpuncte der Erde beträgt nur 1.0012 Erdhalbmesser. Dividirt man 1 durch das Quadrat dieser Zahl, so erhält man 0.998, und dieß durch 15 multiplicirt, gibt 14.970. Die Körper fallen also auf dem Gipfel dieses Berges in der ersten Secunde nur durch 14.97 Fuß, oder um 0.03 Fuß, das heißt um 4 $^3/_{10}$ Pariser Linien weniger, als am Niveau des Meeres, oder wenn die Kraft der Erde an ihrer Oberfläche zur Einheit genommen wird, so ist sie auf dem Gipfel jenes Berges gleich 0.998, oder nur um ihren zweytausendsten Theil kleiner. Eine so geringe Verschiedenheit konnte allerdings nur schwer bemerkt werden, daher man zu Newton's Zeiten die Schwere an allen Orten der Erde gleich groß voraussetzte.

Ganz eben so wird man nun auch verfahren, um die Anziehungskraft der Erde in der Entfernung des Mondes von uns zu finden. Nach dem Vorhergehenden beträgt diese Entfernung 60.16 Erdhalbmesser. Dividirt man die Einheit durch das Quadrat dieser Zahl, so erhält man 0.0002763, und multiplicirt man die letzte Zahl durch 15, so wird sie gleich 0.00414. Die Kraft der Erde, die an ihrer Oberfläche gleich der Einheit war, ist also in der Gegend des Mondes nur mehr 0.0002763, oder sie ist bereits auf den $^3/_{10000}$ten Theil ihrer früheren Größe herabgekommen; daher denn auch in derselben Gegend ein Stein und überhaupt jeder andere Körper, wenn er seiner Unterstützung beraubt wird, also auch der Mond selbst, in der ersten Secunde nicht mehr 15 Fuß, wie bey uns, sondern nur 0.00414 Fuß, oder nur $^6/_{10}$ einer Linie zur Erde fallen würde.

B. (**Wie sich diese Anziehung der Erde auf den Mond äussert.**) Da wir nun die Größe der Anziehung der Erde auf den Mond kennen, so ist noch übrig, zu suchen, welche Wirkung diese Kraft auf die Bewegung dieses Gestirns äußert.

Wenn dieser Mond durch irgend eine mächtige Hand festgehalten, und dann plötzlich ausgelassen würde, so ist wohl kein

Zweifel, er würde, gleich jenem aus der Hand gelassenen Steine, in gerader Richtung zur Erde fallen, und sich ihr, so wie wir gesehen haben, in der ersten Secunde seines Falles um 0.00414 Fuß nähern. — Allein das ist nicht ganz derselbe Fall mit dem Steine und dem Monde. Der Stein fällt, weil die Hand sich wendet, und weil er dadurch seiner Unterstützung beraubt worden ist. Jene unsichtbare Hand aber, die vielleicht auch vor Zeiten den Mond festgehalten hat, kann sich nicht bloß gewendet haben, als sie ihn ausließ, ohne weiter auf ihn zu wirken; sie muß ihn vielmehr, als sie ihn fahren und seinem Schicksale überlassen wollte, nicht bloß ausgelassen, sondern aus der Hand geworfen haben, und die Richtung dieses Wurfes muß nicht auf die Erde zu gegangen seyn, weil sonst der Mond in einer geraden Linie zu ihr herabgefallen wäre: dieser Wurf muß vielmehr eine gegen die Erde schiefe Lage gehabt haben, da nur dadurch es möglich werden konnte, daß der Mond, wie er in der That jetzt thut, eine nahe kreisförmige Bahn um die Erde beschreibt.

Die Existenz dieser Bahn, die wir sehen, ist also selbst schon ein Beweis, daß auch jene Wurfkraft, jener ursprüngliche schiefe Stoß, den der Mond im Anfange seiner Bewegung erhalten hat, existirt haben müsse, weil jene sich nicht ohne diese denken läßt. Allein wir suchen hier, in dieser Bahn, nicht sowohl jene Kraft der unsichtbaren Hand, als vielmehr die eigene Kraft der Erde, die sich, wenn sie anders dort noch existirt, doch auch, so wie jene Kraft des Wurfs, in derselben Bewegung des Mondes in seiner Bahn um die Erde, noch nachweisen lassen sollte.

(Wirkung der Anziehung der Erde auf die auf ihrer Oberfläche geworfenen Körper.) Wenn das ist, so muß sich dasselbe auch bey der Bahn der auf unsern Körper geworfenen Steine nachweisen lassen, von welcher wir oben gesprochen haben. Diese sind uns näher, sind leichter zu untersuchen, und werden uns daher auch vielleicht eher zum Ziele führen.

Denken wir uns also, vor einer horizontal aufgestellten Kanone, eine vertikale Wand in einer solchen Entfernung von der Mündung des Geschützes, daß die Kugel genau eine Secunde brauche, um von der Mündung bis zur Wand zu gelan-

gen. Bemerken wir eben so genau den Punct der Wand, der mit dem Mittelpuncte der Mündung in derselben Höhe liegt, oder den Punct, welchen die Kugel treffen würde, wenn sie sich horizontal bewegen, wenn sie, während ihrem Laufe, von der Erde nicht angezogen werden würde. Und der Punct, in welchem die Kugel in der That die Mauer treffen wird? — Er wird ohne Zweifel unter jenem Puncte liegen. Und wie viel? — Genau um 15 Fuß, wie die Beobachtungen zeigen, wie man, so oft man will, durch sein eigenes Experiment sich überzeugen kann. Genau um 15 Fuß! Aber ganz eben so viel würde auch die Kugel während dieser ersten Secunde senkrecht gefallen seyn, wenn man sie, ohne Kanone, bloß aus der umgewendeten ruhigen Hand ausgelassen hätte.

Setzen wir jetzt das Geschütz weiter von der Wand ab, so weit z. B., daß die Kugel erst in zwey Secunden diese Wand erreiche. Diese Kugel wird jetzt die Wand in einem neuen Puncte treffen, der noch tiefer unter jenem ersten Visirpuncte liegen, und zwar wieder genau so viel tiefer liegen wird, als die Kugel während dieser Zeit, von zwey Secunden, im freyen Falle in senkrechter Richtung zurücklegen würde. Und so fort mit jeder andern Distanz der Wand von dem Geschütze: immer wird die bewegte Kugel von der Erde um eben so viel angezogen, um eben so viel tiefer gehen, als sie gegangen wäre, wenn sie aus der anfänglichen Ruhe eine eben so lange Zeit frey gefallen wäre, und aus eben dieser Ursache wird nun die Bahn der Kugel, die ohne die Attraction der Erde eine gerade Linie seyn müßte, jetzt eine krumme, gegen die Erde geneigte Linie seyn. „Die Attrac„tionskraft der Erde bringt also auf einen Körper dieselbe „Wirkung hervor, der Körper mag anfangs in Ruhe oder schon „in irgend einer Bewegung begriffen seyn, wenn man nur „diese Wirkung in derselben, also hier in der vertikalen Rich„tung mißt, in welcher die Kraft der Erde den Körper an„zieht.“

(Anwendung des Vorhergehenden auf den Mond.)

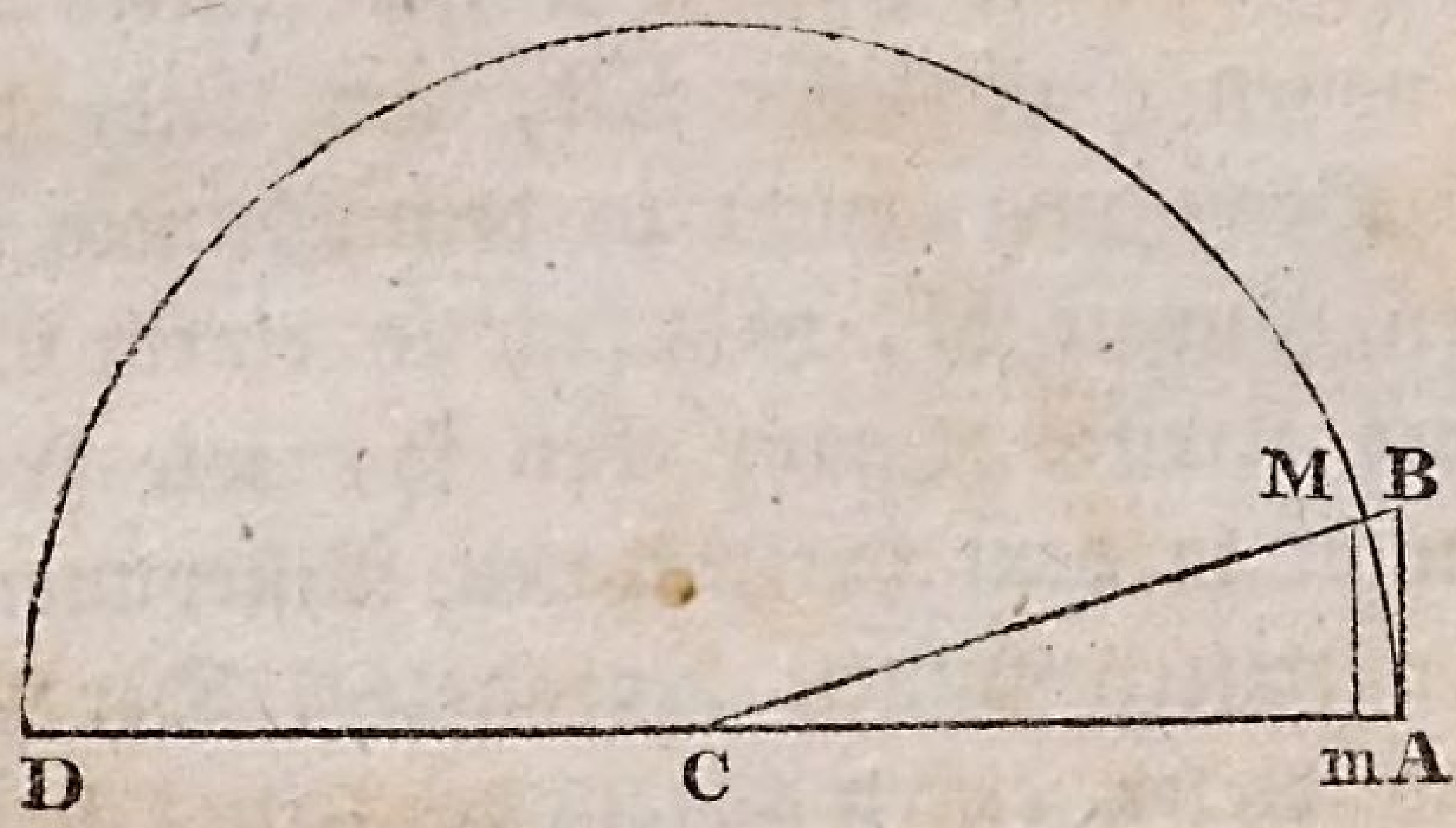
Dasselbe wird also auch von dem Monde gelten, der doch auch

nichts anders ist, als ein im Anfange seiner Entstehung von einer, uns übrigens unbekannten Kraft, gleich jener Kugel, schief gegen die Erde geworfener Körper; der eine krumme Linie um diese Erde beschreibt, so wie auch jene Kugel in ihrer krummen Linie ebenfalls ganz um die Erde gehen würde, wenn wir nur die Ladung der Kanone groß genug geben könnten, damit die Kugel nicht zu früh wieder zur Erde zurückfällt.

Sey also C (Fig. I.) der Mittelpunct der Erde, und AMD die Hälfte der kreisförmigen Bahn des Mondes. Indem der Mittelpunct A des Mondes diesen Punct A seiner Bahn verläßt, um seinen Weg fortzusetzen, wird er, wenn keine äußere Kraft auf ihn wirkt, nicht anders, als in der Richtung, die er bey seiner Ankunft in A hatte, oder in der geraden Linie AB fortgehen, welche Linie die Tangente seiner Bahn in dem Puncte A, oder welche nichts anders, als die Fortsetzung des letzten Elements dieser krummen Linie in dem Puncte A ist. Allein der Mond begegnet dem neuen Halbmesser CB, am Ende der ersten Secunde seiner Bewegung, nicht in dem Puncte B, sondern in einem andern Puncte M, nähmlich in einem Puncte der Peripherie seines Kreises (ganz eben so, wie zuvor die Kugel der Wand nicht in dem horizontalen Visirpuncte, sondern in einem andern tiefern Puncte begegnete). Der Mond beschreibt also während dieser ersten Secunde seines Laufes nicht die gerade Linie AB, sondern den krummen Bogen AM seines Kreises, und dieß zwar aus der Ursache, weil die Attractionskraft der Erde in C auf ihn wirkt, weil sie ihn während dieser ersten Secunde zu sich, und zwar eben um das Stück BM zu sich hinzieht, um welches der Visirpunct B von dem Puncte M absteht, in welchem die Mondeskugel die Wand CB in der That getroffen hat. Diese kleine Linie BM, die eine bloße reine Wirkung der Anziehung der Erde ist, kann also auch zugleich als das wahre Maß dieser Anziehung des Mondes von der Erde betrachtet werden.

Wenn daher unsere obige Vermuthung richtig, wenn es nicht bloß wahrscheinlich, sondern wenn es vollkommen wahr seyn soll, daß dieselbe Kraft der Erde, welche den Stein auf

ihrer Oberfläche fallen macht, auch den Mond in seiner Bahn um sie treibt, so muß auch diese Linie BM genau eben so groß seyn, als wir oben (in A) unmittelbar aus dem Falle des Steines auf der Oberfläche der Erde gefunden haben, oder der Mond muß sich in der That in jeder Secunde um 0.00414 Pariser Fuß der Erde nähern, oder endlich: sein Kreis, den er um die Erde beschreibt, und die Geschwindigkeit, mit welcher er in diesem Kreise einhergeht, muß so beschaffen seyn, daß die Linie BM am Ende einer jeden Secunde genau jene Größe hat. Wenn dieß durch Rechnung so gefunden wird, so ist kein Zweifel, daß unsere obige Voraussetzung der Wahrheit vollkommen gemäß ist, und daß daher auch alle die wichtigen Folgerungen, welche wir oben (Seite 25) aus dieser Voraussetzung abgeleitet haben, nicht mehr bloße vage Vermuthungen, sondern wohlbegründete, durch Rechnung erwiesene Schlüsse sind.



(Berechnung der Linie BM aus der Umlaufszeit und Entfernung des Mondes.) Wie soll man nun aber, unabhängig von allen weitern Hypothesen, bloß aus dem bereits durch Beobachtungen bekannten Halbmesser CA der Mondesbahn (Seite 23), und aus der ebenfalls bekannten Umlaufszeit (Seite 18) desselben, die wahre Größe dieser Linie BM finden?

Suchen wir zuerst den Bogen AM oder den Weg, welchen der Mond in seiner Bahn während einer Secunde zurücklegt. Wir haben bereits oben (Seite 20) gefunden, daß der Mond in 27.321661 Tagen um die Erde geht, oder volle 360 Grade um dieselbe beschreibt. Daraus läßt sich nun durch

eine einfache Proportion (oder durch die sogenannte Regeldetri) leicht finden, daß der Mond während einer Secunde den Winkel ACM gleich 0.5479 Secunden um die Erde zurücklegt. Allein wir brauchen nicht sowohl diesen Winkel ACM, als vielmehr den zu ihm gehörigen Bogen AM. Es ist aber bekannt, daß man in jedem Kreise, dessen Halbmesser als Einheit angenommen wird, den Bogen erhält, der zu dem Winkel von einer bestimmten Anzahl Secunden gehört, wenn man diese Anzahl Secunden durch die kleine Zahl 0.0000048481 multiplicirt. Dieß gibt daher in unserem Falle den gesuchten Bogen AM gleich 0.00000265629 seines Halbmessers.

Nun weiß aber Jedermann, der nur eben mit den ersten Elementen der Geometrie bekannt ist, daß für jeden kleinen Bogen AM eines Kreises, dessen Halbmesser die Einheit ist, die Linie BM gleich ist der Hälfte des Quadrats dieses Bogens. Multiplicirt man daher die letzte Zahl mit sich selbst, und dividirt das Product durch 2, so findet man, daß unsere gesuchte Größe BM in jedem Kreise gleich ist dem 0.0000000000035279sten Theil des Halbmessers dieses Kreises.

(Fehler, der bey dieser Berechnung begangen wurde.)

Ganz eben so verfuhr auch Newton, und bis hierher war auch Alles streng richtig. Um nun aber die Größe BM, die er, so wie wir, nur überhaupt für einen Kreis von einem willkührlichen Halbmesser, den er für die Einheit annahm, gefunden hatte, auch für denjenigen besondern Kreis zu finden, welchen der Mond um die Erde beschreibt, durfte er bloß die letzte Zahl durch den bekannten Halbmesser der Mondesbahn multipliciren. Diesen hatte er aber oben (Seite 23) gleich 1024598797 Fuß angenommen, also fand er auch für die Größe BM das Product der beyden letzten Zahlen, oder er fand BM gleich 0.00361, da er doch, wenn seine Voraussetzung richtig seyn sollte, nicht diese letzte Zahl, sondern 0.00414 hätte finden sollen.

Offenbar kommt diese Differenz daher, daß er den Halbmesser der Erde zu klein angenommen hatte. Hätte er den erst später von Picard gefundenen Halbmesser anwenden können, so würde er für die Entfernung des Mondes 1180085325 Fuß

gefunden haben, wie wir oben (Seite 23) angeführt haben, und damit hätte er die Größe BM gleich 0.000416, also bis auf eine hier ganz unbeträchtliche Kleinigkeit so gefunden, wie er sie wünschte, während der von ihm gefundene Werth beynahe um den siebenten Theil, also viel zu sehr von der Wahrheit verschieden war. Daß diese Abweichung in der That zu groß ist, um angenommen werden zu können, sieht man deutlicher noch, wenn man aus der von Newton gefundenen Größe von BM = 0.00361 wieder rückwärts den Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde ableitet. Da nähmlich der Halbmesser der Mondesbahn (nach Seite 23) 60.16 Erdhalbmesser beträgt, so müßte, wenn Newton's Bestimmung der Größe BM richtig wäre, der Fall der Körper auf der Erde in der ersten Secunde gleich dem Quadrate von 60.16, multiplicirt in seine Zahl 0.00361, das heißt, gleich 13.065 Fuß seyn, da sie doch, wie wir wissen, volle zwey Fuß größer ist, eine Differenz, die viel zu groß ist, um nicht die ganze darauf gebaute Hypothese als unzuläßig und falsch zu erklären.

(Folgerung, die er aus diesem Fehler ableitete.)

Newton hätte aus dieser Nichtübereinstimmung seiner Rechnung mit den Beobachtungen schließen sollen, daß irgend eines der von ihm seiner Berechnung zum Grunde gelegten Elemente vielleicht noch nicht ganz richtig seyn, und daher einer Verbesserung bedürfen möge. Allein er vertraute diesen Resultaten der Beobachtungen zu sehr, und setzte dafür das Mißtrauen, welches diese verdient hätten, auf seine Schlüsse, oder vielmehr auf die Voraussetzung, die er seinen an sich ganz richtigen Schlüssen zum Grunde gelegt hatte. Es ist also wohl nicht wahr, sagte er zu sich selbst, was ich anfangs glaubte, daß dieselbe Kraft, die den Stein fallen läßt, auch den Mond bewegt, oder es sind doch, wenn es auch so wäre, noch andere, mir bisher ganz unbekannte Kräfte mit im Spiele. Er gerieth in dieser seiner Verlegenheit sogar auf den Einfall, diese anderen Kräfte in einer Welteinrichtung zu suchen, die mit den sonderbaren Cartesianischen Wirbeln analog seyn sollte, wie Whiston, Newton's näherer Freund, in seinen Memoirs of himself, Seite 231, erzählt.

Da aber diese wunderlichen Wirbel, durch die Descartes, aus Mangel eines Besseren, die Bewegungen der Planeten und Kometen zu erklären gesucht hatte, obschon sie damahls allgemein angenommen, und selbst in den Schulen gelehrt wurden, so gar nichts für sich hatten, was einen Mann von seinem Geiste länger festhalten konnte, und da sie überdieß der Art waren, daß sie sich einer eigentlichen Berechnung, die hier allein entscheiden konnte, nicht unterwerfen ließen, so unterbrach Newton alle weiteren Nachforschungen über diesen Gegenstand, indem er seinen frühern Einfall für einen der vielen mißlungenen Versuche erklärte, an dem selbst Männer seiner Art keinen Mangel haben mögen, und indem er, damahls wenigstens, selbst vor seinen Freunden die Speculationen verheimlichte, mit welchen er sich längere Zeit vergebens beschäftiget hatte.

Wäre die Sache in diesem Zustande geblieben, so würden wir vielleicht heute noch nicht mehr, als Newton's Vorgänger, von ihr wissen, und unsere ganze Astronomie würde noch immer nicht aus dem Stande ihrer hülflosen Kindheit herausgetreten seyn.

(Versuch, die Rotation der Erde durch Beobachtungen zu beweisen.) Als Newton bald darauf, nachdem die Krankheit in Cambridge aufgehört hatte, wieder nach dieser Stadt zurückkehrte, überließ er sich ganz seinen optischen Untersuchungen, die ihn schon früher zu so schönen Entdeckungen geführt hatten. Zwölf volle Jahre kam er nicht, wenigstens nicht ernsthaft, auf jenen Gegenstand zurück. Als endlich im Jahre 1678 der bereits oben erwähnte Doctor Hooke, an der Stelle des verstorbenen Oldenburg, zum Secretär der kön. Academie in London erwählt wurde, schrieb derselbe, im Auftrage dieser Gesellschaft, an Newton, und ersuchte ihn, der Academie seine Ansicht über ein Werk der physischen Astronomie, welches damahls einiges Aufsehen machte, mitzutheilen. Newton kam diesem Wunsche in einem Briefe an Hooke vom 28. November 1679 nach, und benützte diese Gelegenheit, von einer ihm vor Kurzem beygefallenen Idee zu sprechen, die Rotation der Erde durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen, da die Existenz der-

selben, die übrigens kein Gebildeter weiter bezweifelte, bisher doch nur durch Schlüsse dargethan worden sey. Zu diesem Zwecke schlug er vor, kleine und sehr dichte Körper, z. B. Bleykugeln, von einer beträchtlichen Höhe, etwa von der Spitze eines Thurmes, zur Erde fallen zu lassen. Wenn die Erde keine Rotation hat, so werden diese Kugeln offenbar in einer senkrechten Linie fallen. Wenn aber die Erde sich um ihre Axe von West nach Ost dreht, so würden, nach Newton's Ansicht, diese fallenden Körper ebenfalls eine Ausweichung gegen Osten zeigen. Es scheint auf den ersten Blick, als ob diese Ausweichung westlich, und nicht östlich seyn müßte, weil nähmlich der Thurm selbst, während dem Falle der Kugel, durch die Bewegung der Erde gegen Ost vorrückt, und daher die Kugel hinter ihm zurückbleiben, und endlich westlich von dem Thurme zur Erde gelangen müßte. Allein, da diese östliche Bewegung der Erde allen Körpern derselben gemein ist, so hat auch die Spitze des Thurmes, und mit ihr zugleich die vor ihrem Falle nur scheinbar ruhende Kugel schon eine solche nach Osten gerichtete Geschwindigkeit, und zwar eine größere, als der dem Mittelpuncte der Erde nähere Fuß des Thurmes, und da diese der Kugel inwohnende Geschwindigkeit durch ihren Fall nicht aufgehoben wird, so muß sie in der That östlich von dem Fuße des Thurmes zur Erde gelangen. Man hat späterhin, und selbst in unseren Tagen noch, diesen Vorschlag ausgeführt, aber nicht immer ganz befriedigende Resultate gefunden, weil sich der diese Beobachtungen störende Widerstand der Atmosphäre, die Zugluft in dem Innern der Thürme oder auch der tiefen Schachten und andere Hindernisse nicht gut entfernen, oder durch Rechnungen bestimmen lassen. Die ersten Versuche waren so wenig genau, daß man daraus eigentlich gar keine Ausweichung schließen konnte, und es fehlte nicht an Astronomen, die daraus die absolute Ruhe der Erde erweisen wollten. Unter diesen war auch Riccioli, der zwey große Foliobände gegen das Copernicanische System geschrieben hatte, und Tycho Brahe, der es durch ein anderes, von ihm selbst ausgedachtes System zu verdrängen sich bemühte. Dieß mag auch wohl die Ursache gewesen seyn, warum Newton selbst später diejenigen Versuche, die man an der Paulskirche in London

ausführen wollte, zu verhindern suchte, um dadurch schwächere Gemüther nicht irre zu machen, und den Eingang der neuen Lehre nicht wieder zu verzögern.

(**Neue Abwege, die Newton irre führten.**) Indeß setzte die Londoner Academie einen großen Werth auf die ihr von Newton mitgetheilte Idee, und trug demselben Hooke, den sie bereits als einen sehr genauen Beobachter kennen gelernt hatte, die Ausführung derselben auf. Hooke fing sofort an, sich mit diesem interessanten Gegenstande zu beschäftigen, und bemerkte bald darauf in einem Schreiben an Newton, daß, nach seinen vorläufigen theoretischen Untersuchungen, diese fallenden Körper nicht nur eine Ausweichung nach Osten, sondern auch, wenn anders das Experiment nicht eben unter dem Aequator angestellt würde, eine ähnliche, obschon kleinere Abweichung gegen Süden zeigen müßten. Die Theorie dieses Gegenstandes ist erst in den neuesten Zeiten von Laplace und Gauß gehörig ausgebildet worden, und nach ihr findet man unter der geographischen Breite von 53°.5 für die Fallhöhe von 235 Fuß die Ausweichung nach Osten 3.91 Linien, und die nach Süden nur 0.0005 einer Linie, Resultate, welche genau genug mit denjenigen übereinstimmen, die Benzenberg im Jahre 1804 an dem 235 Fuß hohen Michaelsthurm in Hamburg aus unmittelbaren Beobachtungen erhalten hatte. Wollte man dieselben Versuche an dem höchsten Gebäude, welches bisher durch Menschenhände errichtet worden ist, an der großen Pyramide zu Cairo, deren Höhe 450 Fuß beträgt, wiederholen, so würde man für die östliche Ausweichung 12.36 Linien, und für die südliche 0.002 Linien finden.

Obschon also diese südliche Deviation so klein ist, daß sie unsern Beobachtungen wohl immer entgehen wird, so ist sie doch eben sowohl, als die viel größere östliche, in der Theorie begründet. Newton sah dieß auch sogleich ein, und gestand, in seiner Antwort an Hooke, die Richtigkeit der Verbesserung desselben ohne Zögerung zu. Er bemerkte zugleich, daß er diesen Gegenstand weiter untersucht, und als Endresultat seiner Rechnung gefunden habe, daß der Weg des fallenden Körpers bey der

rotirenden Erde eigentlich eine spiralförmig gewundene krumme Linie sey.

Allein diese Autocorrection Newton's wollte Hooke nicht gelten lassen. Hooke hatte nähmlich aus den von ihm selbst angestellten Untersuchungen gefunden, daß jene krumme Linie eine Ellipse seyn müsse, wenn anders die anziehende Kraft der Erde im verkehrten Quadrate der Entfernung auf den fallenden Körper wirkt, und die Bewegung desselben im freyen Raume vor sich geht. Er theilte dieses Resultat nicht nur Newton mit, sondern er trug auch, wie Waller in seinem Life of Hooke erzählt, im December 1679 der Academie eine experimentale Demonstration des von ihm gefundenen Satzes vor.

(Newton kommt durch diese Abwege auf neue Entdeckungen.) Man findet nicht, daß Newton auf diese, wohl nicht durch unmittelbare Rechnung gefundene zweyte Verbesserung Hooke's weiter geantwortet hätte. Ohne Zweifel kannte er die Richtigkeit derselben ebenfalls an. Sie war ihm sogar die eigentliche Veranlassung, dieser Sache noch weiter nachzuforschen, und dadurch ein Theorem zu entdecken, das wohl nur eine Erweiterung des von Hooke gefundenen Satzes war, dessen Wichtigkeit aber Newton selbst ohne Zweifel sogleich erkennen mußte. Er fand nähmlich, daß, wenn ein durch eine Centralkraft getriebener Körper in einer Ellipse einhergeht, diese Kraft in einem der Brennpuncte der Ellipse ihren Sitz haben und sich verhalten muß, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von diesem Brennpuncte. Er gesteht selbst in einem späteren Briefe an Halley, vom 27. Julius 1686, daß er durch Hooke's oben angeführte Bemerkung auf diesen Satz geleitet worden sey.

Da nun schon lange zuvor Kepler gefunden, und durch Rechnung bewiesen hatte, daß die Planeten in der That solche Ellipsen beschreiben, in deren einem Brennpuncte die Sonne ist, so ließ sich kaum mehr zweifeln, daß die Attractionskraft der Sonne auf die Planeten, und der Analogie gemäß auch die der Erde auf den Mond, auch in der That diesem Gesetze folgen werde. Aber obschon Newton eigentlich schon durch diesen Satz das Gesetz der allgemeinen Gravitation, welches er erst nach

vier Jahren, im Jahre 1683, der kön. Academie, und noch vier Jahre später, im Jahre 1687, in seinem unsterblichen Werke der Principien bekannt machte, jetzt schon gefunden, und, wenigstens auf theoretischem Wege, auch bewiesen hatte, so wagte er es doch noch nicht, dasselbe auch sofort als das eigentliche Gesetz der Natur anzuerkennen. Jenes Mißlingen seines ersten Versuchs, den er vor dreyzehn Jahren in seinem Garten angestellt hatte, um die Bewegung des Mondes mit jener der fallenden Körper auf der Oberfläche der Erde in Verbindung zu setzen, machte ihn schüchtern, verbreitete Zweifel und Ungewißheit über alle ähnlichen Speculationen, und hielt ihn ab, die Resultate seiner bisherigen Untersuchungen bekannt zu machen, bevor er sie nicht von allen Seiten geprüft, und die Wahrheit derselben über allen weitern Zweifel erhoben hatte. Diese vielleicht zu weit getriebene Vorsicht verwickelte ihn hier, wie bey seinen anderen großen Entdeckungen, die er eben so lange zurückhielt, späterhin in sehr unangenehme Streitigkeiten mit seinen Gegnern und mit den vielen Nebenbuhlern seines Ruhmes. Aber wenn auch diese Vorsicht unmittelbar aus der Individualität des Charakters dieses seltenen Mannes geflossen seyn mag, so kann sie doch zugleich als ein Beweis der höheren Geistesstärke und der tieferen Erkenntniß angesehen werden, die selbst da noch Mängel und Hindernisse sieht, wo der gewöhnliche gute, aber leichte Kopf nichts mehr erblickt, und kühn den Sprung wagt, der ihn zum Ziele führen soll. Daß die Anziehungskraft der Sonne sich so verhält, wenn die Planeten Ellipsen um sie beschreiben, war gewiß, und von ihm mit geometrischer Schärfe bewiesen. Aber daß auch umgekehrt diese Planetenbahnen Ellipsen seyn werden, sobald jene Kraft der Sonne sich so verhält, dieß war noch nicht erwiesen, und Newton konnte es auch, wenigstens damahls, noch nicht erweisen. Zu jenem gehörte nur die sogenannte Differentialrechnung, die er selbst erfunden hatte; zu diesem aber bedurfte er des Integralcalculs, und dieser war zu seiner Zeit noch viel zu wenig ausgebildet, um ihn schon auf ein so schweres Problem anwenden zu können. Auch wurde ihm, noch spät nach dieser Epoche, von J. Bernoulli der Vorwurf gemacht, daß er diesen zweyten Theil seines Satzes eigentlich nie bewiesen habe.

Es blieb also auch noch immer zweifelhaft, ob nicht auch andere Kräfte, ob nicht auch eine der Sonne inwohnende, nach einem ganz anderen Gesetze wirkende Attractionskraft die Planeten ebenfalls in Ellipsen um sie führen könnte. Und wenn man auch davon absehen, wenn man auch zugeben wollte, daß die Sache auf theoretischem Wege vollkommen richtig sey — so handelte es sich hier nicht sowohl um einen Satz der Wissenschaft, um ein Theorem der Schule, als um eine, und zwar um eine sehr große und weit verbreitete Erscheinung der Natur. Die Natur aber wird nicht durch Speculationen, sondern durch Beobachtungen befragt, und so kunstvoll und sinnreich auch unsere Erklärungen ihrer Phänomene seyn mögen, so ist doch der eigentliche Prüfstein, an welchem wir die Wahrheit dieser Erklärungen in letzter Instanz zeigen können, nur die Uebereinstimmung derselben mit den unmittelbaren Beobachtungen, und an diesem letzten und besten Beweise fehlte es ihm so lange, als er die Bewegung des Mondes mit den Erscheinungen des fallenden Steines nicht in Verbindung bringen konnte.

(Er nimmt später zufällig seine ersten Versuche wieder auf.) Newton ließ also seine Untersuchungen, die er als leere, von keinen Beobachtungen unterstützte Speculationen zu betrachten anfing, zum zweytenmahle fallen, und er würde sie vielleicht nie mehr aufgenommen haben, wenn er nicht, sechzehn Jahre nach jenem ersten Versuche, durch einen bloßen Zufall wieder darauf zurückgeführt worden wäre.

Es war im Junius des Jahres 1682, als er in dem Hause der Academie, unter den früher Angekommenen, auf die für diesen Tag angesagte Versammlung wartete. Man sprach von einer neuen Gradmessung, die ein gewisser Picard in Frankreich im Jahre 1669 angefangen, und vor wenig Jahren vollendet habe, und eines der Mitglieder zeigte ein von ihm kürzlich erhaltenes Schreiben vor, in welchem die Resultate dieser Messungen enthalten waren. Newton nahm, ohne eben einen besondern Werth auf diese ihm bisher ganz unbekannte Unternehmung zu legen, eine Abschrift von den Resultaten derselben, und hörte den nun

folgenden Vorträgen der Academie mit ungetheilter Aufmerksamkeit zu. Als er nach geendeter Sitzung wieder in seiner Wohnung ankam, suchte er seine alten Rechnungen von dem Jahre 1666 hervor, um sie mit den Zahlen der neuen französischen Gradmessung, die man ihm als sehr verläßlich gerühmt hatte, zu wiederholen. Er bemerkte bald im Verfolge seiner Berechnung, daß das von ihm so lange und so sehnsuchtsvoll erwartete Resultat herauszukommen schien; mit jeder Zeile leuchtete ihm die Hoffnung stärker, mit jedem Schritte trat ihm die Wahrheit näher, und — die Wehmuth der Freude kam über ihn, und er konnte sein Werk nicht vollenden. In dem Vorgefühle, daß er an dem Vorabende des wichtigsten Tages seines Lebens, daß er an der Schwelle der glänzendsten Entdeckung stehe, die je ein Mensch gemacht hat, wurde er von einem so heftigen Beben seiner Nerven ergriffen, daß er sich ganz außer Stand fühlte, seine angefangene Berechnung zu Ende zu führen. In diesem Geisteszustande vertraute er sich einem seiner hereintretenden Freunde, der für ihn die Rechnung weiter führte, und er hatte die hohe Freude, seine seit 16 langen Jahren gehegten Ideen vollkommen bestätigt, und seine glückliche Vermuthung auf's schönste bewährt zu finden.

(**Endliche Entdeckung des so lange gesuchten Gesetzes.**) Wir haben bereits oben (Seite 38) gezeigt, wie Picard's Messungen in der That sehr gut mit Newton's Voraussetzungen übereinstimmten, und wie sie eben dadurch den von diesem so lange gesuchten Beweis liefern, daß die Erde alle Körper außer ihr im verkehrten Quadrate der Entfernungen anziehe, und daß also auch dieselbe Kraft der Erde, welche den Stein auf ihrer Oberfläche fallen macht, den Mond in seiner Bahn um sie bewege.

Es ist wohl schwer, den Eindruck zu würdigen, welchen ein solches Resultat auf einen Geist dieser Art hervorbringen mußte. Mit eins öffnete sich nun das ganze Weltall vor seinem Blicke; die Sonne mit ihren Planeten; diese Planeten selbst mit ihren Satelliten; alle Kometen mit ihren excentrischen Ellipsen — kurz, das ganze Sonnensystem, und Alles, was bisher in ihm dem menschlichen Geiste geheimnißvoll und verschleyert war, stand nun, in seiner innern Organisation und in dem das

Ganze regulirenden Gesetze, vor seinem Auge klar und offen da.

Die erste Frucht dieser großen Entdeckung war eine Reihe rhapsodisch zusammengestellter Theoreme ohne Beweis über die Bewegung der Planeten um die Sonne, welche Newton, aber auch hier erst geraume Zeit nach jener Epoche, gegen das Ende des Jahres 1683, an die Academie in London, jedoch nicht zur Bekanntmachung in ihren Transactionen, überschickte. Die eigentliche Mittheilung an das Publikum erfolgte viel später, und zwar erst im Jahre 1686.

Während dieser langen Zeit verbreiteten sich mehrere unbestimmte Nachrichten von dieser wichtigen Entdeckung, vorzüglich unter den englischen Mathematikern, und es fehlte nicht an Männern, die sich schon früher nicht ohne Erfolg mit demselben Gegenstande beschäftigt hatten, und nur dieser Winke bedurften, um auch ihre eigenen Ideen der Reife näher zu führen. Christoph Wren, ein ausgezeichneter Geometer, hatte sich schon gegen das Jahr 1680 bemüht, die Bewegungen der Planeten durch die Zusammensetzung eines Falls derselben gegen die Sonne mit einer ursprünglichen Tangentialkraft zu erklären; aber da er die Mittel, diese Idee der Rechnung zu unterwerfen, nicht finden konnte, gab er die ganze Sache wieder auf. Im Jahre 1683 hatte Newton's Freund, Halley, aus dem bekannten dritten Kepler'schen Gesetze den Schluß abgeleitet, daß die Kraft der Sonne sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernungen verhalten müsse, und der bereits erwähnte Hooke behauptete bald darauf, nicht ohne einige Großsprecherey, gegen Halley, daß er aus demselben Principe bereits alle Bewegungen der Planeten abzuleiten wüßte. Er erboth sich, dieß seinem Freunde Wren zu zeigen, obschon er seine Entdeckung noch nicht öffentlich bekannt machen wollte.

(**Bekanntmachung dieser Entdeckung.**) Im August 1684 reisete Halley in der Absicht zu Newton, ihn um die Herausgabe seiner Schriften, die er über diese und verwandte Gegenstände verfaßt haben sollte, zu ersuchen. Allein Newton weigerte sich dessen, und selbst ein förmliches Ansuchen der Academie

beantwortete er am 25. Februar 1685 nur dahin, daß er seine Bereitwilligkeit zeigte, „seine Bemerkungen über die Bewegung „der Planeten, nicht etwa jetzt schon bekannt zu machen, sondern „nur in dem Protokolle der Gesellschaft aufnehmen zu lassen," wie es scheint, bloß um die Priorität seiner Entdeckung gegen die Angriffe seiner Rivale zu sichern.

Endlich, am 28. April 1686, also beynahe vier Jahre nach seiner Entdeckung, und zwanzig Jahre nach seiner ersten Idee über dieselbe, wurde das so lang erwartete Manuscript Newton's der Academie in London vorgelegt. Dieses Manuscript enthielt nun allerdings viel mehr, als man erwartet hatte, und wenn man sich früher über die so viele Jahre dauernde Zögerung des Verfassers verwundert hatte, so bewunderte man nun die Menge von tiefen und scharfsinnigen Untersuchungen, die ein einziger Mann in so wenig Jahren vollenden konnte. Newton hatte der Academie nicht bloß einige zerstreute Blätter über den in Rede stehenden Gegenstand, er hatte ihnen sein großes Werk selbst eingeschickt: seine Principia philosophiae naturalis mathematica, dieses Werk, welches für alle Zeiten in der Geschichte der Wissenschaft Epoche machen wird, und das mit Recht als der Stolz, nicht Eines Mannes, nicht Eines Landes, sondern des ganzen Menschengeschlechtes betrachtet werden muß.

(Streitigkeiten, in welche er sich durch dieses Werk verwickelte.) Daß das Werk mit der gebührenden Achtung von der Academie aufgenommen wurde, darf kaum erwähnt werden. Der Vicepräsident, Sir John Hoskins, Hooke's specieller Freund, der in dieser Versammlung den Vorsitz führte, sagte in seinem Vortrage über das Werk, daß es um so mehr erhoben zu werden verdiene, da die große Anzahl von wichtigen Entdeckungen, die den Inhalt desselben ausmachen, nicht nur von einem einzigen Manne gemacht, sondern auch in kurzer Zeit so weit ausgebildet worden wäre, daß man nichts weiter mehr zu ihrer Vervollkommnung hinzufügen könne. Durch diese Ausdrücke fand sich Hooke beleidigt, und er verlangte von dem Präsidenten, daß er auch derjenigen

Entdeckungen erwähnen solle, die er, Hooke selbst, ihm schon längst mitgetheilt habe. Allein Hoskins schien sich dieser Mittheilungen nicht zu erinnern, und die Folge davon war, daß diese zwey bisher für unzertrennlich gehaltenen Freunde seitdem ganz unter sich zerfielen. Nach geendeter Sitzung begaben sich die Mitglieder, der damahligen Sitte gemäß, in das benachbarte Kaffeehaus, wo Hooke neuerdings das Wort nahm, und behauptete, daß er nicht nur die meisten dieser Entdeckungen selbst gemacht, sondern auch Newton den ersten Wink davon gegeben habe.

Newton bekam von diesen Reclamationen eine doppelte Nachricht. Halley schrieb ihm am 22. May 1686: „Hooke „macht einige Ansprüche auf die Entdeckung des Gesetzes, daß „die Schwere sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung „verhalte. Er sagte, Sie hätten diese Sache von ihm mitge„theilt erhalten, gesteht aber auch, daß der Beweis der krum„men Linien, welche durch die Wirkung einer solchen Schwere „erzeugt werden, ganz Ihr Eigenthum sey. Sie selbst werden „am besten wissen, wie sich diese Sache verhält, und was Sie „dabey zu thun haben. Hooke scheint nur zu erwarten, daß „Sie in der Vorrede, die Sie zum Werke ohne Zweifel ge„ben werden, von ihm irgend eine Erwähnung machen.“ — Newton antwortete am 20. Juny in einem umständlichen Schreiben, in welchem er eine genaue und geschickte Widerlegung der Ansprüche Hooke's mittheilt. Allein diese Antwort war noch nicht abgesendet, als er ein zweytes Schreiben von einem andern Mitgliede der Academie erhielt, in welchem es hieß: „Hooke erhebe ein gewaltiges Geschrey, und behaupte, „daß Newton Alles von ihm habe, und er werde darauf drin„gen, daß man ihm Gerechtigkeit widerfahren lasse.“ — Diese Nachricht scheint Newton's Ruhe aufgestört zu haben, und sofort setzte er seinem noch vor ihm liegenden Briefe an Halley eine kaustische Nachschrift hinzu, in welcher er Hooke mit wenig Umständen behandelte, und so weit ging, zu sagen, daß Hooke ganz umgekehrt seine Kenntnisse nur aus den Briefen habe, die er (Newton) früher an seine Freunde gerichtet, und daß sonach das, was ihm Hooke später von der Schwere ge-

schrieben habe, nur Früchte eines fremden Gartens sind. — Halley suchte ihn zu beruhigen, indem er ihm darstellte, daß man ihm Hooke's Benehmen mit viel zu schwarzen Farben geschildert habe, und daß derselbe durchaus keine anderen Ansprüche, als die bereits früher erwähnten, geltend machen will. Die Folge dieser Beschwichtigung war, daß Newton sein Bedauern ausdrückte, jenes Postscript geschrieben zu haben, und daß er als ein Mittel, diesen Streit beyzulegen, seinem Werke ein Scholium anhängen wolle, in welchem er anerkennt, daß Wren, Hooke und Halley, Jeder von dem Andern unabhängig, das Gesetz der Schwere aus dem bekannten dritten Satze Kepler's gefunden haben. Man findet dieses Scholion in Vol. I. Prop. IV. Coroll. VI. der Principien.

In derselben Sitzung beschloß die Versammlung, Newton ihren Dank für das zugesendete Werk öffentlich zuzuschicken, und dasselbe auf ihre Kosten drucken zu lassen. Newton schickte bald darauf an Halley, der die Herausgabe des Werkes übernommen hatte, noch manche Zusätze und Verbesserungen. Er scheint Alles, selbst die äußere Ausstattung desselben, mit einer Genauigkeit besorgt zu haben, die an Aengstlichkeit gränzte. Er wollte den Titel ändern, die dritte Abtheilung des Werkes ganz weglassen und dergl. „Man kann in diesen Dingen," schrieb er an Halley, „nicht umsichtig genug seyn. Die Naturwissenschaft ist „eine so abscheulich zanksüchtige Dame (impertinently litigious „lady), daß man sich eben so wenig mit ihr, als mit einem pro„zeßsüchtigen Advocaten einlassen sollte. Ich habe sie immer so „gefunden, so oft ich mich mit ihr abgegeben habe, und deßhalb „bin ich jetzt so sehr auf meiner Huth."

(**Inhalt dieses Werkes.**) Dieses merkwürdige Werk besteht aus d r e y Büchern. Das erste handelt von der Bewegung der Körper, diese letzten größtentheils als Puncte betrachtet. Das zweyte enthält die Lehre von dem Gleichgewichte der Flüßigkeiten und von den Bewegungen der Körper in widerstehenden Mitteln. Das dritte endlich handelt von der Anwendung des Inhaltes jener beyden ersten auf die Körper unseres Sonnensystems. Beynahe alle Fragen, welche noch

heut zu Tage den Gegenstand unserer sogenannten physischen Astronomie und höheren Mathematik bilden, sind dort beantwortet, in ihren vorzüglichsten Momenten wenigstens, da die weitere Ausbildung dieser Theorien, wegen dem noch unvollkommenen Zustande der Analysis jener Zeit, den Nachfolgern überlassen werden mußte.

(Inhalt des ersten Buches.) So findet man in dem ersten Buche die krummen Linien, welche ein Körper beschreiben muß, wenn die auf ihn wirkende Centralkraft nach einer bestimmten Potenz ihrer Entfernung wirkt. Unter diesen verschiedenen Fällen wird jener der Natur, wo die Kraft sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, mit der hier besonders nöthigen Umständlichkeit abgehandelt. Bey diesen Untersuchungen biethet sich eine große Anzahl anderer Probleme an, deren Lösung einen besondern Scharfsinn erforderte. Die Bewegung der frey fallenden Körper, wenn sie von irgend einem Puncte nach einem gegebenen Gesetze angezogen werden, bildet einen eigenen interessanten Abschnitt dieses ersten Buches. Selbst das Problem der drey Körper, oder die Theorie der planetarischen Störungen, wird hier ihrem vorzüglichsten Theile nach aufgelöst, und die Theorie der Bewegung der Apsiden und der Knoten der Mondesbahn, so wie die der Präcession der Nachtgleichen gegeben. Newton zeigt in dem vorletzten Abschnitte, daß bey dem Naturgesetze ganze Kugeln die außer ihnen gelegenen Körper so anziehen, als ob die Masse dieser Kugeln in ihrem Mittelpuncte vereinigt wäre. Endlich untersucht er noch die Anziehung der Körper auf einzelne Puncte oder Atome, und wendet diese Theorie auf die mannigfaltigen Erscheinungen des Lichtes an.

(Inhalt des zweyten Buches.) Das zweyte Buch enthält die vorzüglichsten Lehren unserer neuern Hydrostatik und Hydrodynamik, oder die Theorie des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüßigkeiten. Man findet hier die tiefsten Untersuchungen über die Bewegungen fester Körper in flüßigen und luftförmigen Mitteln, über den Widerstand, welchen

dieselben von diesen Mitteln erleiden, über die Gestalt derjenigen Körper, für welche dieser Widerstand der kleinste ist; über die Bewegung der Pendeln und der geworfenen Körper in widerstehenden Mitteln, über die Menge des aus kleinen Oeffnungen ausfließenden Wassers, über die Fortpflanzung des Schalles in der Luft, die Bewegung des Wassers in Röhren und Kanälen u. s. w.

(**Inhalt des dritten Buches.**) In dem dritten Buche, das er selbst eine populäre Astronomie nennt, lehrt er die Anwendung der in den beyden ersten auseinander gesetzten Theorien auf die Constitution unseres Planetensystems. Er zeigt hier zuerst, daß die Satelliten Jupiters und Saturns in ihren Bewegungen ganz dieselben Gesetze beobachten, wie die Planeten. Da die Flächen, welche die Entfernungen der Planeten von der Erde beschreiben, den Zeiten nicht proportional sind, aber wohl die, welche ihre Entfernungen von der Sonne beschreiben, so bewegen sie sich nicht um die Erde, sondern um die Sonne, woraus dann ferner abgeleitet wird, daß die Kraft, mit welcher sie von der Sonne angezogen werden, sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernung verhält, und daß derselbe Fall auch bey dem Monde in Beziehung auf die Erde Statt hat. Hier ist der Ort (Propositio IV.), wo er die Bewegung des Mondes mit dem Falle der Körper auf der Erde vergleicht, und dadurch, indem er die Meridianmessung Picard's gebraucht, findet, daß beyde Erscheinungen die Wirkungen einer und derselben Kraft der Erde sind. (Zweyte Auflage, Amsterdam 1714, Seite 364.) — Weiter wird gezeigt, wie alle Planeten sich gegenseitig anziehen, und zwar im geraden Verhältnisse ihrer Massen und im verkehrten des Quadrats ihrer Entfernungen von einander; wie die Massen der Sonne und der Planeten, so wie die Dichtigkeiten dieser Himmelskörper und die Räume bestimmt werden, durch welche die Körper auf ihrer Oberfläche in der ersten Secunde fallen; wie eigentlich die Bewegungen der Planeten nicht sowohl um den Mittelpunct der Sonne, als um den gemeinschaftlichen Schwerpunct des Systems vor sich gehen, und wie endlich die eigent-

liche Kraft der Anziehung der Sonne z. B., oder der Erde, nicht sowohl in dem Mittelpuncte dieser Körper liegt, sondern daß sie die Summe aller der unzähligen Anziehungen ist, die jedem einzelnen Atome zugehört, aus welcher diese Körper bestehen. Von dieser Betrachtung der himmlischen Körper geht er nun zu einer nähern Untersuchung der Gestalt unserer Erde über.

Die kurz vorher von Cassini bestimmte Abplattung und Rotation Jupiters erregte Newton's Aufmerksamkeit, der wir die genauere Kenntniß der Centrifugalkraft und der wahren Gestalt der Erde verdanken. Alle die interessanten und schweren Probleme, welche die Geometer nach ihm so lange und so anhaltend beschäftigten, wurden von ihm, wenigstens ihren Haupttheilen nach, betrachtet.

Dadurch wurde er auf die noch schwerere Aufgabe von der täglichen Bewegung des Weltmeeres geführt, die unter der Benennung der Ebbe und Fluth des Meeres bekannt ist. Man hatte zwar schon früher erkannt, daß der Mond, und nächst ihm die Sonne, die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinungen ist, weil die beyden Fluthen, die sich jeden Tag ereignen, immer bey denselben Stellungen des Mondes zu dem Meridian wiederkehren, und weil die größten Fluthen stets in die Neu- und Vollmonde, die kleinsten aber in die beyden Viertel fallen. Aber man hatte dieß nur eben erkannt, ohne es beweisen, ohne es berechnen zu können. Newton unterwarf diese Phänomene der Kraft seiner Analyse, und lehrte uns dieselben mit der größten Vollkommenheit kennen. Er fand, daß die Kraft, mit welcher der Mond auf die Gewässer des Oceans einwirkt, nahe $4\frac{1}{2}$ Mahl größer ist, als die der Sonne; daß der Mond eine Fluth von $8\frac{3}{5}$ und die Sonne eine von $1\frac{9}{10}$ Fuß, also beyde zusammen eine Fluth von $10\frac{1}{2}$ Fuß hervorbringt; ein Resultat, das auf der offenen See mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmt. Daraus leitete er zugleich die Masse und Dichtigkeit des Mondes ab, und fand, daß die Masse $\frac{1}{40}$, und die Dichte des Mondes $\frac{11}{9}$ von der der Erde ist.

Die Bewegungen des Mondes sind viel ungleichförmiger, als die der Planeten. Newton suchte und fand die Ursache dieser Ungleichheiten in der Anziehung der Sonne, welche sich mit

der größeren der Erde verbindet, und die Mondesbewegung eben so oft beschleunigt, als verzögert. Die größte dieser Ungleichheiten, oder die Evection, deren Existenz schon von Ptolemäus (im Jahre 130 nach Christi Geburt) entdeckt wurde, geht bis auf 4830 Secunden. Von den beyden anderen von Tycho Brahe entdeckten Ungleichheiten geht die Variation auf 2142, und die jährliche Gleichung auf 671 Secunden. Newton zeigte die wahre Ursache dieser Anomalien sowohl, als auch mehrere andere kleinere, und seine Erklärungen liegen noch jetzt unsern Berechnungen dieses Himmelskörpers zum Grunde, wenn dieselben gleich durch die Bemühungen eines Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange und Laplace ungemein vervollkommnet worden sind.

Dieselbe Analyse zeigte ihm auch die Ursache der Bewegung der Mondsknoten, die in einem Jahre über 19 Grade, und die der Apsiden der Mondesbahn, die jährlich 40.6 Grade beträgt. Daraus folgt die Umlaufszeit dieser Knoten von 6793, und der Absiden von 3233 Tagen. Diese Bewegung der Knoten leitete ihn auf die Erklärung der Präcession, nach welcher die Nachtgleichenpuncte in jedem Jahre um 50 Secunden rückwärts gehen, und ihren Umlauf am Himmel in 25920 Jahren vollenden. Endlich lehrt er noch am Schlusse der dritten Abtheilung seines Werkes, wie man aus den Beobachtungen der Kometen die Bahnen derselben durch Rechnung ableiten kann, und indem er seine Theorie auf den großen Kometen von 1680 anwendete, zeigte ihm die Uebereinstimmung seiner Rechnung mit den Beobachtungen nicht nur die Richtigkeit seiner Theorie, sondern auch zugleich die Bestätigung seiner früheren Voraussetzung, daß das von ihm entdeckte Gesetz der allgemeinen Schwere sich nicht nur auf die Planeten unseres Sonnensystems, sondern auch noch auf die Kometen erstrecke, von welchen eben der erwähnte sich über 8540 Millionen Meilen, also mehr als 45 Mahl weiter von der Sonne erstreckte, als Saturn, der äußerste der damahls bekannten Planeten.

(Hindernisse, welche der Eingang dieses Werkes fand.)

Dieß ist eine kurze Uebersicht des Inhalts jenes unsterblichen

Werkes. Die Größe des Gegenstandes, mit welchem es sich beschäftigte, die edle Einfachheit des darin aufgestellten Systems, und die unwidersprechliche, auf Rechnung gegründete Sicherheit der in ihm enthaltenen Sätze ließ hoffen, daß es auch sofort von Allen mit ungetheiltem Beyfalle werde aufgenommen werden. Aber das war keineswegs der Fall, und die Principien mußten lange genug mit allen den Hindernissen kämpfen, die sich der Einführung aller neuen Wahrheiten entgegen zu setzen pflegen. Die Irrthümer und Vorurtheile vergangener Jahrhunderte hatten sich selbst der bessern Köpfe bemächtigt, und diese waren es vorzüglich, denn die anderen verstanden das Werk nicht, welche sich der Aufnahme der neuen Theorie so lange entgegen setzten. Die sonderbare, von Descartes aufgestellte Hypothese, die alle Erscheinungen des Himmels durch Wirbel erklären wollte, hatte ihr Scepter über ganz Europa verbreitet, und nicht bloß die Gelehrten hingen ihr mit der ihnen nur zu gewöhnlichen zähen Beharrlichkeit an, sondern selbst die weniger Gebildeten eilten, sich für ein System zu erklären, das mehr für die Imagination, als für den Verstand der Menschen berechnet schien, und das sie um so leichter zu verstehen glaubten, je weniger sie es in der That verstanden. Descartes erklärt alle Bewegungen der himmlischen Körper durch die wirbelförmigen Bewegungen des Aethers, einer Materie, die nach ihm den ganzen Weltraum erfüllt, und in welcher die Planeten schwimmen sollten. Wer immer einmahl einen Körper in einem Wasserwirbel kreiseln, oder wer die kreisförmigen Schwankungen des Wassers in einem schnell um sich selbst gedrehten Gefäße gesehen hat, glaubte auch schon einzusehen, wie auch die Planeten in ähnlichen Wogen und Wirbeln des Aethers sich um die Sonne bewegen. Schon der berühmte Galilei und sein Schüler Toricelli hatten diese wunderliche Ansicht in Schutz zu nehmen gesucht, die aber erst von Descartes ausgebildet, und dann von dem Scharfsinne, oder vielmehr von der lebhaften Einbildungskraft seiner Nachfolger ausgeschmückt, und zu einer Art von Herrschaft erhoben wurde, der sich Niemand zu entziehen wagte, und an die Alle um so fester glaubten, je weniger sie sich von dem Grunde dieses Glaubens irgend eine genügende Rechenschaft geben konnten.

Newton's Theorie im Gegentheile war ganz und allein für den **Verstand** berechnet, und der Vortrag desselben war so kurz und dunkel, und erforderte von ihren Lesern so viele Vorkenntnisse und Fassungskraft, daß von allen seinen Zeitgenossen kaum zwey oder drey genannt werden können, von denen man sagen dürfte, sie seyen im Stande gewesen, das Werk vollkommen zu verstehen. Er hat in diesem Werke den synthetischen Vortrag der alten griechischen Geometer gewählt, für welchen er sein ganzes Leben durch eine besondere Achtung hegte. Allein es scheint, daß er die von ihm gemachten Entdeckungen nicht auf diesem, an sich sehr schwierigen, sondern auf dem viel leichteren Wege der mathematischen Analysis gemacht, und dann nur wieder in die Sprache der Synthesis zurück übersetzt hat. Man muß es bedauern, daß er bey der Auseinandersetzung seiner Theorien nicht die Bahn angezeigt hat, die ihn zu denselben führte, und daß er die mehreren Beweise gänzlich unterdrückte, weil er, wie es scheint, das Vergnügen, sich nur mühsam errathen zu lassen, demjenigen, seine Leser aufzuklären, vorgezogen hat. Die Kenntniß der Methode, die das Talent zu Entdeckungen führt, ist oft nicht weniger interessant und nützlich zugleich, als diese Entdeckung selbst.

(Gegner der neuen Lehre.) Unter solchen Verhältnissen war es nicht zu verwundern, daß dieses große Werk selbst unter den eigentlichen Gelehrten so wenig Eingang fand, und daß die Anderen, von denen wohl überhaupt nie ein Impuls dieser Art ausgehen kann, es ganz unbegreiflich und selbst widersinnig fanden, daß so große Körper, wie die Planeten, ohne alle Unterlage im leeren Weltraume existiren, und ohne ein festes Band, das sie mit der Sonne zusammen hielt, sich um dieselbe bewegen sollten. Manche ausgezeichnete Mathematiker, wenn sie gleich so kleinliche Ansichten nicht zu den ihrigen machen konnten, führten doch bittere Klagen darüber, daß Newton die occulten Qualitäten der Alten, die doch Descartes so siegreich bekämpft haben sollte, wieder aus ihrem Grabe erwecken wolle, und sie glaubten, ein Recht, ja eine Verpflichtung zu haben, sich der Wiedereinführung derselben mit allen ihren Kräften zu wi-

versetzen. Selbst Leibnitz reihte sich diesen Gegnern des neuen Systems an, und er konnte sich, vielleicht aus Vorliebe für seine eigenen metaphysischen Speculationen, vielleicht aus Abneigung gegen Newton, mit dem er schon mehrere, von beyden Seiten nicht ohne Leidenschaft geführte Streitigkeiten hatte, er konnte sich so weit vergessen, die in den Principien enthaltenen Wahrheiten, deren Existenz er doch nicht weiter bezweifeln konnte, aus einem ganz anderen Grunde erklären zu wollen. In seiner Schrift, die er dem Werke Newton's entgegen setzte, und die zwey Jahre nach den Principien erschien (Tentamen de motuum coelestium causis. Act. Eruditor Lips. f. d. J. 1689), suchte er die Ursache der Bewegung der Planeten in einem flüßigen Mittel, das die Sonne nach allen Seiten umgeben, und durch dieselbe in eine kreisförmige Bewegung gesetzt werden soll, etwa so, sagt er selbst, wie auf der Oberfläche des Wassers Spreu und andere leichte Körper in eine wirbelnde Bewegung gerathen, wenn ein senkrecht in das Wasser gesteckter Stock schnell um seine Axe gedreht wird. — Mit solchen Einwürfen glaubte ein Leibnitz einen Newton zu widerlegen.

Huygens, der vielleicht unter allen Zeitgenossen unseres Verfassers am meisten fähig war, die neue Theorie nach ihrem ganzen Inhalte aufzufassen, und nach ihrem vollen Werthe zu beurtheilen, verwarf doch kühn die Lehre von der Gravitation, so weit sie auch den kleinsten Theilen der Massen zukommen soll, und ließ sie nur als eine Eigenschaft der Körper im Großen gelten. Johann Bernoulli, einer der größten Geometer des siebenzehnten Jahrhunderts, trat förmlich als Gegner des neuen Systems auf. Mairan war, wenigstens in der ersten größeren Hälfte seines Lebens, ein eifriger Vertheidiger der Cartesianischen Wirbel. Cassini und Maraldi, zwey sehr ausgezeichnete Astronomen, schienen von den Arbeiten und Entdeckungen Newton's gar keine Notiz zu nehmen, und selbst Fontenelle, einer der hellsten und vorurtheilfreyesten Männer seiner Zeit, blieb bis an das Ende seines langen Lebens ein treuer Anhänger des Descartes.

(**Beförderer der neuen Lehre.**) Der Chevalier Louville in Paris erklärte sich einer der ersten öffentlich für das System

Newton's, aber erst im Jahre 1720, also volle 33 Jahre nach dem ersten Erscheinen der Principien. Einige Jahre früher führte sie Gravesande in den holländischen Universitäten ein, und Maupertuis wurde im Jahre 1728 auf seiner Reise in England dafür gewonnen. Allein der Letzte konnte, da zu jener Zeit sein Ansehen bereits gefallen war, eben so wenig zur Aufnahme der neuen Lehre beytragen, als Voltaire's populäre Darstellung dieser Lehre in der bekannten, an die Frau v. Chatelet gerichteten Schrift. Mit Recht sagt aber der Letzte, daß Newton bey seinem Tode, das heißt, volle vierzig Jahre seit der ersten Ausgabe der Principien, nicht zwanzig Anhänger außer England zählte. Besonders ungelehrig zeigte sich die kön. Pariser Academie der Wissenschaften, die ihren so lange gepriesenen Landsmann Descartes durchaus nicht fallen lassen wollte. Noch im Jahre 1738, also ein halbes Jahrhundert nach der Bekanntmachung von Newton's großem Werke, stellte diese Academie eine Preisfrage über eine umfassende Theorie der Ebbe und Fluth des Meeres auf. Sie hatte vier Memoiren zur Folge, die alle den Preis erhielten. Die drey ersten waren von Euler, Dan. Bernoulli und Maclaurin, die ihren Analysen das von Newton entdeckte Gesetz der allgemeinen Schwere zum Grunde legten. Die vierte aber war von dem Jesuiten Cavalleri, der diese Erscheinungen aus den Cartesianischen Wirbeln zu erklären suchte. Die Academie krönte auch dieses Memoir, und dieß war, so viel uns bekannt, die letzte Ehre, welche dieser auf nichts gegründeten Hypothese erwiesen wurde.

Selbst in Cambridge, wo Newton Professor war, lehrte man im Jahre 1715 die Physik noch nach Rohault's Buche, das, schlecht genug in die lateinische Sprache übersetzt, ganz in dem Geiste des Descartes abgefaßt war. Drey Jahre später gab Samuel Clarke eine neue Auflage desselben in einem viel bessern Latein und mit Noten versehen, in welchen alle die Lehrsätze, die der Text nach Descartes Lehre enthielt, in der Ordnung durch Newton's Darstellung erläutert, und so gleichsam beyde Systeme, Satz für Satz, neben einander gestellt wurden. Die Lehrer schienen das Stratagem nicht zu bemerken: sie lasen den Text und die Schüler die Anmerkungen, und wer Augen

hatte, sah bald, wo die Wahrheit war, besonders da sie sich hier so nahe an dem Irrthume, und beynahe auf jeder Seite ihm gegenüber fand. Auf diese Weise wurde das neue System nur gleichsam heimlich in die öffentlichen Vorlesungen eingeführt. Besser ging es auf den schottischen Universitäten, wo die beyden Brüder Jacob und David Gregory Newton's System schon mehrere Jahre vor 1690 vortrugen, während, wie Whiston in seinen Memoirs of his Life sagt, die armen Schüler in Cambridge und London noch immer mit den Träumen des Descartes sich die Köpfe zerbrachen. In Cambridge trug lange Zeit Newton allein sein System vor, und derselbe Whiston erzählt, daß er diesen Vorträgen eines Tages zugehört, aber beynahe gar nichts davon verstanden habe. Im Jahre 1703 lehrte Whiston selbst das neue System in Cambridge, und da er im Jahre 1711 wegen seinen sonderbaren philosophisch-theologischen Aeußerungen seine Professorstelle verlor, wurde er von Niclas Saunderson ersetzt, der diese Vorlesungen mit vielem Beyfalle und unter großem Zudrange von Gästen aus allen Ständen bis an seinen im Jahre 1739 erfolgten Tod fortsetzte.

Um das Jahr 1707 war das Studium der Principien in Cambridge unter den Zuhörern dieser Universität schon sehr verbreitet, und dadurch der Preis des Werkes, das schnell aufgekauft wurde, nahe um das Vierfache erhöht. Roger Cotes, der im Jahre 1713 die zweyte Ausgabe desselben besorgte, und sie mit einer meisterhaften Einleitung begleitete, erzählt in derselben, daß man von der ersten Ausgabe kaum mehr Ein Exemplar erhalten konnte. Dieser höchst talentvolle junge Mann trug sehr viel zur Aufnahme der neuen Lehre bey, aber er wurde den Wissenschaften durch einen viel zu frühen Tod entrissen. Als Newton die Nachricht dieses Todes erfuhr, soll er geweint, und gesagt haben: Von diesem Jünglinge würden wir Alten noch Vieles gelernt haben.

(Aufnahme des physischen Theils der Principien.)

Wenn aber der mathematische, oder eigentlich theoretische Theil des neuen Systems, seiner Natur nach, nur so langsame Fortschritte machte, so fand dafür der physische Theil desto leichtern

Eingang, da er keine tiefen geometrischen Kenntnisse erforderte, durch unterhaltende Experimente erläutert, und einem großen Kreise von Zuhörern leichter verständlich gemacht werden konnte. Der berühmte Locke, Newton's Freund, der Gründer einer neuen philosophischen Schule in England, hatte bekanntlich nicht das geringste eigentlich mathematische Talent. Obschon er die Principien viele Jahre durch auf seinem Tische liegen hatte, so konnte er ihnen doch keinen Satz abgewinnen. Von dem Rufe des Buches, der mit jedem Jahre wuchs, aufgefordert, fragte er endlich Huygens, was Er dazu sage, und ob denn die Dinge, die in ihm enthalten sind, auch in der That wahr seyn sollen. Da Huygens ihn versicherte, daß er sich auf die Wahrheit dieser Sachen vollkommen verlassen könne, nahm Locke dieß mit Vertrauen hin, und fing nun an, alle die Stellen des Buches, die keine Mathematik enthielten, besonders die dritte Abtheilung desselben eifrig zu lesen, um sich wenigstens eine historische Kenntniß der darin enthaltenen Sätze zu verschaffen. Newton scheint seinen Freund bey diesen Bemühungen unterstützt zu haben. Man fand nähmlich in den hinterlassenen Papieren Locke's eine Schrift von Newton's Hand unter dem Titel: „Beweis, „daß die Planeten, wegen ihrer Schwere gegen die Sonne, sich „in Ellipsen bewegen.“ Diese Schrift, die später Lord King durch den Druck bekannt gemacht hat, zeigte, daß Newton sich viel Mühe gegeben hat, seinem Freunde die neue Lehre, auch ohne Mathematik vorauszusetzen, begreiflich zu machen. Auch ist hier der Gegenstand allerdings auf eine viel faßlichere Weise vorgetragen, als in den Principien. Newton wollte sich auch einmahl als einen populären Schriftsteller versuchen — aber es scheint seine Sache nicht gewesen zu seyn, sich bis zur Fassungskraft der Unmündigen herabzulassen, und es ist wohl nicht zu zweifeln, daß Locke, seines großen metaphysischen Scharfsinnes ungeachtet, auch durch diese Darstellung nicht viel weiter in der Erkenntniß der neuen Lehre gekommen seyn mag. Am meisten aber trug zur Verbreitung derselben unter der Menge Desaguliers bey, der seit dem Jahre 1710 zu Oxford populäre Vorlesungen über Newton's Entdeckungen, besonders in der Optik, gab, die so häufig, selbst von Männern und Damen des höchsten

Ranges besucht wurden, daß dadurch eine allgemeine Vorliebe für diesen Gegenstand aufgeregt, und die Beschäftigung mit demselben unter den gebildeten Bewohnern dieser Stadt gleichsam zur Mode gemacht wurde. Dadurch entstanden immer mehrere und bessere populäre Darstellungen des neuen Systems, die demselben nicht nur Freunde, sondern auch Anhänger und Verehrer, und bald selbst Kenner und Vertheidiger gewannen, so daß Newton die Genugthuung hatte, am Ende seines Lebens den Triumph seiner Lehre nicht nur in seinem Vaterlande, sondern auch in allen gebildeten Ländern Europa's mit Gewißheit vorauszusehen.

(Verzögerung in der Bekanntmachung seiner Werke, und Folgen derselben.) Dieß ist die einfache Aufzählung jener großen Entdeckung und der ersten Schicksale des unsterblichen Werkes, in welchem dieselbe, nebst so vielen anderen, der Nachwelt aufbewahrt worden ist. Wenn den Lesern die Art auffiel, mit welcher die Bekanntmachung dieser Entdeckungen von dem Urheber derselben so viele Jahre verzögert worden ist, so mögen sie es als eine Eigenheit des großen Mannes ansehen, daß auch nicht eine einzige seiner größeren oder kleineren Schriften freywillig und ohne äußere Veranlassung von ihm bekannt gemacht worden ist. Man hat oben gesehen, wie er zu der Herausgabe der Principien durch langes wiederholtes Bitten und Zureden gleichsam gezwungen worden ist. Die Arithmetica universalis soll nur durch eine Art von Mißbrauch, den Whiston von Newton's Freundschaft machte, erschienen seyn, und viele andere kleinere Abhandlungen gab er nur heraus, um sich vor den Angriffen seiner Gegner oder vor dem Vorwurfe zu schützen, die Entdeckungen Anderer zu seinem Zwecke benützt zu haben. Manche endlich erschienen erst nach, selbst spät nach seinem Tode. Bloß mit seiner „Optik," dem ersten größeren Werke, das er herausgegeben hat, schien er sich nicht von dieser Zurückhaltung leiten zu lassen. — Es ist schwer, die Gründe zu errathen, welche ihn zu dieser Handlungsweise bestimmen mochten. Vielleicht wollte er seine Entdeckungen so lange zurückhalten, bis er ihnen denjenigen Grad der Vollendung gegeben hatte, durch den alle

seine mathematischen Werke sich so sehr auszeichnen. Wenn man aber ein solches Verfahren nicht tadeln kann, so scheint es doch, wenigstens in der ihm von Newton gegebenen Ausdehnung, auch nicht lobenswerth zu seyn, da auch das an sich Gute übertrieben und dadurch aufhören kann, gut zu seyn. Wenn er die von ihm erfundenen Methoden als Mittel künftiger Entdeckungen so lange für sich allein behalten wollte, so ist es schwer, ein so eigensüchtiges Verfahren mit der Candität zu vereinigen, die er bey so manchen anderen Gelegenheiten gezeigt hat. Vielleicht hielt er sie nur in der Absicht zurück, um die Widersprüche und Streitigkeiten zu vermeiden, die ihm gleich nach der Herausgabe seiner Optik in so reichem Maße von den Jesuiten Pardies, Linus, Gascoigne, Lucas, und selbst von Hooke und Huygens zu Theil wurden, und die oft eben so lästig als verdrießlich waren. Aber auch dann erscheint diese Zurückhaltung nur als ein sehr ungeeignetes Mittel zu jenem Zwecke, weil er eben dadurch die Priorität seiner Entdeckungen, und bey seiner Empfindlichkeit für Angriffe dieser Art, seine innere Ruhe und selbst seinen Leumund auf das Spiel setzte. Hätte er seinen Infinitesimalcalcul in dem Jahre **1666**, ja hätte er ihn auch nur in dem Jahre **1673** offen und ohne Rückhalt bekannt gemacht, so würde Niemand, auch sein erklärtester Gegner nicht, angestanden seyn, ihm die Ehre der Entdeckung desselben zuzuschreiben, und Leibnitz hätte sich mit dem Ruhme der bloßen weiteren Ausbildung desselben begnügen müssen. Aber er fand es für gut, einen ganz andern Weg einzuschlagen. Er sprach und schrieb seinen Freunden in allgemeinen Ausdrücken, mit versetzten Buchstaben in Worten, deren Sinn Niemand errathen konnte, und richtete eben dadurch die Aufmerksamkeit der bessern Köpfe auf einen Gegenstand, an welchen sie vielleicht, ohne diese Veranlassung, nicht einmahl gedacht haben würden. So wurde endlich die Entdeckung, die er wohl früher gemacht, aber so lange verheimlicht hatte, auch von einem Andern gemacht, und da dieser (Leibnitz) sie sofort ohne allen Rückhalt öffentlich mittheilte, so wurde er von Vielen als der e r s t e, und von den Meisten, gewiß nicht mit Unrecht, als der z w e y t e, aber von jenem ersten ganz unabhängige Erfinder der neuen Methode gepriesen.

(Zweckwidrigkeit der Apotheosen grosser Männer.) Newton war ohne Zweifel einer der größten Menschen, die je gelebt haben, aber doch nur ein Mensch, dem daher auch die Leidenschaft, besonders die des Ruhmes, nicht fremd seyn konnte. Würde er ohne sie geworden seyn, was er war? Würde er uns theurer erscheinen, wenn er nicht unsersgleichen, wenn er ein übermenschliches Wesen gewesen wäre, wenn wir durchaus keinen Mangel an ihm erblicken könnten? Werden diese Mängel durch seine großen, bisher noch von keinem Andern erreichten Vorzüge nicht mehr als hinlänglich ersetzt? Er wahrlich bedarf diesen übertriebenen, meistens nur affectirten Enthusiasmus jener Lobpreiser nicht, und uns und der Wissenschaft selbst kann er nur schaden, wie denn diese eben so unüberlegte als zweckwidrige Idololatrie rein menschlicher Dinge schon viel Schaden in der Welt gestiftet hat. *) Anders schien über diesen Gegenstand der sonst treffliche Brewster in seiner Lebensbeschreibung Newton's (Con-

*) So erzählt Gibbon in seiner Geschichte des römischen Reichs das Ende Mahomets nach Abulfeda und andern arabischen Historikern auf folgende Weise: He uttered the last broken words: „I come among my fellow-citizens on high," and thus he expired on a carpet spread upon the floor. The city and more especially the house of the prophet was a scene of clamorous sorrow or silent despair: Fanaticisme alone could suggest a ray of hope and consolation. „How can he be dead, our witness, our intercessor, „our mediator with the heaven, cried the people; surely he is not dead, he is wrapt in a trance and speedily will he return to his faithful peeple." — The evidence of sense was disregarded and Omar, unsheating his scymetar, threatened to strike off the heads of the infidels, who should dare to affirm, that the defunct was no more. But the tumult was appeased by the weight and moderation of Abubeker: „Is it Mahomet," said he Oto mar and the multitude, „or the God of „Mahomet, whom you worship? The latter liveth for „ever and the other was a mortal like ourselves and „according to his own prediction he has experienced „the common fate of mortality." — He was piously and quietly interred on the same spot, on which he expired.

von 1831) zu denken, der, als Engländer, die Partey seines großen Landsmannes in einer solchen Weise nehmen zu müssen glaubte, daß derselbe nur wie ein höherer Genius, dem nichts Menschliches weiter begegnen könnte, dargestellt wurde. So werden seine chronologischen Untersuchungen, die nun längst auf ihren wahren Werth zurückgeführt sind, als das Werk des höchsten Scharfsinnes gepriesen; so werden seine Schriften über die Apocalypse und über Daniel, die erst nach seinem Tode herauskamen, und die seine Freunde besser ungedruckt gelassen hätten, als ein seltenes Denkmahl der menschlichen Sagacität in Schutz genommen; so wird selbst in dem berüchtigten Streite über die Erfindung der Differentialrechnung, der doch wohl auf beyden Seiten nicht ohne Leidenschaftlichkeit geführt worden ist, Recht und Billigkeit bloß auf Newton's Seite gestellt, und so wird selbst die Nachricht, daß er einmahl, vielleicht durch zu viele Geistesanstrengung, sich eine Krankheit zugezogen, nur als eine Verleumdung seiner Feinde behandelt.

Dieß ist sicher nicht die Art, wie wir das Andenken der Männer, die dem menschlichen Geschlechte Ehre gemacht haben, würdig ehren sollen, und sie selbst, wenn sie, befreyt von den Schwächen, die ihnen hienieden beywohnten, herabblicken auf ihre Nachfolger, werden weit entfernt seyn, solche Opfer von ihnen zu wünschen. Uns aber ist es eine Art von Pflicht, indem wir ihre Größe anerkennen, auch ihre Schwachheiten nicht zu verläugnen, und selbst zu unserem eigenen Troste bekannt zu machen. Man richtet dadurch Tausende auf, ohne jenen selbst im Geringsten zu schaden.

Haben wir demnach oben erzählt, wie Huygens, durch frühere Zwistigkeiten mit Newton geblendet, seine Augen vor dem hellen Lichte der Wahrheit verschloß, die ihm aus jeder Seite der Principien entgegen strahlen mußte, und wie selbst Leibnitz sich nicht entblödete, dem Princip der allgemeinen Schwere, das sein großer Gegner entdeckt, und *für ihn* auch sicherlich auf die evidenteste Weise bewiesen hatte, ein auf nichts gegründetes Phantom, eine durchaus leere und unhaltbare Hypothese entgegen zu stellen, um nur auch ein Weltsystem erfunden zu haben — warum sollten wir nicht auch hinwiederum von den

nicht viel besseren Pfeilen sprechen dürfen, die auch Er zuweilen, in einem schwachen Augenblicke oder von Unmuth getrieben, seinen Gegnern zugesendet hat, und die wahrlich, so wie jene, besser in ihrem Köcher geblieben wären.

Da Newton das Licht für einen aus der Sonne ausfließenden Körper hielt, Huygens aber schon früher alle optischen Erscheinungen durch bloße wellenförmige Bewegungen, die durch die Sonne in dem sie umgebenden Aether erzeugt werden, erklären wollte, so hielt der Letzte die ersten optischen Publicationen Newton's sonderbarer Weise als gegen sich gerichtet, und trat daher mit einer förmlichen Widerlegung gegen dieselben auf. Newton antwortete darauf mit jener Ruhe, die aus der innern Ueberzeugung zu folgen pflegt, aber auch nicht ohne ein gewisses Selbstbewußtseyn, die Huygens für Stolz hielt. Es scheint in der That, als ob Huygens mit seinen Einwürfen etwas rasch verfahren sey, allein bald darauf spielte Newton dieselbe Rolle gegen ihn. Denn als Huygens seine schöne Theorie von der doppelten Brechung in dem isländischen Feldspath bekannt gemacht hatte, erschien Newton sofort als der entschiedene Gegner derselben, und substituirte ihr eine andere Theorie, die aber mit den Beobachtungen keineswegs übereinstimmte, und die auch schon längst der verdienten Vergessenheit übergeben ist, während Huygens Lehre noch jetzt als ein Modell des mathematischen Scharfsinnes sich des ungetheilten Beyfalls aller Kenner erfreut.

Noch weniger vortheilhaft erscheint er in seinem Streite über die Erfindung der Differentialrechnung. Es kann nicht unsere Absicht seyn, zu entscheiden, welche von beyden Parteyen das Recht auf ihrer Seite hatte; aber daß, als einmahl die Leidenschaften sich in den Kampf mischten, beyde weiter gegangen sind, als sie sollten, ist wohl Jedem, der die Geschichte dieses Streites gelesen hat, von selbst klar geworden. Wer kennt nicht das Scholion zum zweyten Lemma des zweyten Buches der Principien, in welchem Newton sich das erstemahl über seine und Leibnitzen's Ansprüche auf diese Erfindung äußert. Der Letztere schien mit dieser Note vollkommen zufrieden zu seyn, und Beyde hätten es auch wahrscheinlich bey diesem Zustande der Sachen bewenden lassen, wenn sich nicht Fremde eingemischt

hätten. Fatio de Duillier eröffnete den Streit mit einem offenbar ungerechten Angriff auf Leibnitz. Bald darauf erschien in den Act. Erud. Lips. ein Angriff gegen Newton, für dessen Verfasser Leibnitz gehalten wurde. Keill in England glaubte den Handschuh für seinen Landsmann aufnehmen zu müssen, und durch sein heftiges Verfahren wurde die Sache zu einer Angelegenheit der kön. Societät der Wissenschaften in London, deren Präsident Newton war, und die sich sofort einstimmig für ihn erklärte. Bey dieser Stellung der Sache wurde es ihm leicht, den ruhigen Zuschauer zu spielen, der sich nicht in den Streit mischen wolle, den seine Freunde für ihn auskämpften. Durch später wiederholte, ebenfalls zu weit getriebene Angriffe der Gegner aus dieser Ruhe aufgestört, erschien eine heftige Duplik Newtons, in welcher er Leibnitz den ersten Angreifer und einen Verleumder nannte. Die Antwort des Letztern vom 9. April 1716 erwiederte Newton nur durch einige Bemerkungen, die er bloß seinen nähern Freunden zeigte, ohne sie öffentlich zu machen. Ohne Zweifel würde der Kampf auch jetzt noch nicht geendet haben, wenn nicht Leibnitz am 14. November 1716 gestorben wäre. Kaum hatte Newton den Tod seines Gegners erfahren, als er die Briefe des Abbé Conti, die bisher bloß unter einigen Privatpersonen im Umlaufe waren, nebst zwey Briefen Leibnitzen's, die im vorhergehenden Jahre geschrieben waren, herausgab, und sie mit einer bittern Widerlegung begleitete. Im Jahre 1722 erschien eine neue Ausgabe der Schrift: Commercium epistolicum, in welcher die Londoner Academie die Rechte ihres Präsidenten zu sichern gesucht hatte, und die jetzt eine parteyische Einleitung an ihrer Spitze trug, und mit mehreren Noten zu dem Texte vermehrt war. Im Jahre 1713, als die zweyte Auflage der Principien, die Robert Cotes besorgte, erschien, wurde auch jenes Scholion noch mit abgedruckt; aber in der dritten Auflage, die 1725, also volle 9 Jahre nach Leibnitz Tode herausgegeben wurde, war diese ganze Note a u s g e l a s s e n! Ein rascher und schlecht überlegter Schritt, wie selbst Newton's unbedingter Lobredner in der oben erwähnten Biographie desselben gestehen muß.

(Newton's grosse Entdeckungen wurden alle sehr früh gemacht: Ursachen seiner spätern Unfruchtbarkeit.)

Es ist merkwürdig, daß Newton alle seine großen Entdeckungen, wenigstens die Hauptzüge derselben, schon in seiner Jugend gemacht hat. In dem Jahre 1669, d. h., im siebenundzwanzigsten Jahre seines Alters, war er bereits im Besitze des Vorzüglichsten, was er später über das Licht, über die Schwere und über die Differentialrechnung bekannt gemacht hat. Seit dem Jahre 1687, oder seit seinem fünfundvierzigsten Jahre, in welchem die erste Ausgabe der Principien erschien, hat er kein größeres Werk mehr herausgegeben, wenn man seine chronologischen und theologischen Schriften unbeachtet läßt. Vielleicht erklärt sich dieser Stillstand der productiven Thätigkeit des großen Mannes aus dem Unglücke, welches er im fünfzigsten Jahre seines Lebens erlitt. Als er im December des Jahres 1692 eines Morgens zur Kirche eilte, fand er bey seiner Zurückkunft die brennende Kerze auf seinem Schreibtische umgestürzt, und seine Papiere von der Flamme ergriffen. Der Kummer über den Verlust dieser Schriften soll ihn längere Zeit seiner Verstandeskräfte beraubt haben. Man hat Briefe von ihm aus jener Zeit aufgefunden, die von Geistesverwirrung zeigen. Bald darauf fiel er in eine schwere Krankheit, von der er sich nur sehr langsam erholte.

Vielleicht liegt aber der Grund jener Erscheinung in der Schwermuth und Unzufriedenheit mit seinen Verhältnissen, über die er seit seinem sechsundvierzigsten Jahre oft bittere Klage führte. Seine Einkünfte waren damahls nur gering, und seinen Verhältnissen nicht angemessen. Aus seinen und seiner Freunde Briefe aus jener Zeit sieht man, daß die Gewährung irgend einer Gunstbezeugung von Seite der Regierung der Gegenstand seines öfteren, ängstlichen Gespräches war. Seine öconomischen Verhältnisse schienen drückend gewesen zu seyn, da er durch eine ausdrückliche Order of Council vom 28. Januar 1675 die erbethene Erlaubniß erhielt, die gewöhnliche Steuer von einem Shilling die Woche nicht mehr zu entrichten, in Beziehung, wie es in der Schrift heißt, auf seine Dürftigkeit (on account of his low circumstances). Dahin gehören auch zwey Stellen aus

den Briefen Newton's an seinen bereits oben erwähnten Freund Locke. In dem ersten derselben, vom Jahre 1692, klagt Newton, daß Montague (der später Earl of Halifax hieß, und Newton's Jugendfreund, und später sein mächtiger Beschützer war) noch immer böse auf ihn zu seyn scheine. „Ich lasse ihn aber gehen, „und sitze still, wenn nur Lord Monmouth noch ferner mir ge„wogen bleibt." Und in dem zweyten Briefe von demselben Jahre heißt es: „Ich bin sehr erfreut, daß Lord Monmouth noch „mein guter Freund ist, aber ich bin nicht gemeint, Sr. Lordship „oder Ihnen ferner auf irgend eine Weise lästig zu fallen. „Meine Sache ist es, still zu sitzen, und zu warten." Diese Aeußerungen beziehen sich auf eine Zulage seines Gehaltes, oder auf eine Anstellung in London, die er mehrere Jahre durch vergebens zu erhalten wünschte.

Als endlich im Jahre 1695, im dreyundfünfzigsten Jahre seines Alters, seine öconomischen Verhältnisse durch seine Anstellung bey der kön. Münze in London sich so sehr verändert hatten, daß er nun bis an seinen Tod einen jährlichen Gehalt von 14000 Pfund (nahe 132000 Gulden in Conventionsmünze) erhielt, mochte diese Wendung seiner häuslichen Umstände, die Geschäfte seines wichtigen Amtes, und selbst sein allmählig vorrückendes Alter ihn wohl auch von seinen früheren anstrengenden Geistesarbeiten immer mehr entfernen, und die behagliche Ruhe wünschenswerth machen, die er nach so großen vorhergegangenen Arbeiten in einem so hohen Maße verdiente.

(**Letzte Tage Newton's.**) Es wird uns erlaubt seyn, hier noch einige Worte von den letzten Stunden des seltenen Mannes hinzuzufügen. Nachdem er beynahe sein ganzes Leben, jenen oben erwähnten Zufall ausgenommen, in steter Gesundheit, die er größtentheils seiner mäßigen Enthaltsamkeit verdankte, zugebracht hatte, kündigten sich im Jahre 1722, also im achtzigsten Jahre seines Alters, die Steinschmerzen an. Durch eine noch vermehrte Regelmäßigkeit seiner ganzen Lebensweise hielt er den Ausbruch eines höhern Grades dieser Krankheit längere Zeit zurück. Er lehnte alle Einladungen zu Gastmählern ab, schaffte seine Kutsche ab, die er durch eine Sänfte ersetzte, und lebte

größtentheils von Vegetabilien und Früchten. Im Jahre 1725 wurde er von einem heftigen Husten und einer Lungenentzündung ergriffen. Nach seiner Genesung von dieser Krankheit begab er sich nach Kensington, einem kön. Lustschlosse und Garten in der Nähe von London, wo sich seine Gesundheit auffallend besserte, besonders als sich in beyden Füßen das Podagra zeigte, von dem er schon früher mehrere Mahnungen hatte. Obschon jede Bewegung seines Körpers auch seine Schmerzen vermehrte, und obschon ihm der Aufenthalt in Kensington so gut zu bekommen schien, so hatte man doch große Noth, ihn daselbst zurück zu halten, da er jede Gelegenheit ergreifen wollte, wieder zur Stadt zurück zu kehren. Am 28. Februar 1727 fühlte er sich so wohl, daß er sich nicht weiter an der Erfüllung seines Wunsches hindern ließ. Er zog nach London, präsidirte noch an demselben Tage in der Academie, gab und nahm Besuche an, und erkrankte darüber so sehr, daß er am 4. März wieder nach Kensington gebracht wurde, wo sofort seine beyden Aerzte, Mead und Cheselden, gerufen werden mußten. Seine Steinschmerzen hatten sehr zugenommen, und die Aerzte gaben keine Hoffnung. Oft war, während den heftigen Angriffen dieser Schmerzen, seine Stirne mit Schweiß bedeckt, aber er ließ keine Klage hören. Vielmehr war er, in den kurzen schmerzlosen Zwischenzeiten, ruhig und heiter, und suchte selbst seine umstehenden Freunde durch seine Gespräche zu ermuntern. Am Morgen des 18. März las er noch die Zeitungen, und sprach anhaltend mit Doctor Mead, während alle seine Sinne und geistigen Kräfte munter und lebhaft waren. Aber um 7 Uhr Abends verlor er das Bewußtseyn, und in diesem Zustande blieb er bis den 20. März 1727, wo sein Geist, im fünfundachtzigsten Jahre seines Alters, gegen ein Uhr Morgens diese Erde verließ.

Seine Leiche wurde nach London gebracht, in der Jerusalems-Capelle feyerlich ausgesetzt, und in der Westmünster-Abtey begraben. Sein Leichentuch trugen der Lordkanzler, die Herzoge von Roxbourgh und Montrose, und die Grafen Pembroke, Sussex und Macclesfield, sämmtlich Mitglieder der kön. Academie.

Sein hinterlassenes Vermögen betrug 32000 Pfund Sterling im Golde (etwas über 300000 Gulden in Conventions-

münze) mit vier Herrschaften, die er seinen Verwandten vermachte.

Dieß waren die letzten Tage des großen Mannes. Ein Jahrhundert ist seitdem verflossen, voll von merkwürdigen Ereignissen aller Art; aber der Glanz, der ihn bey seinem Leben umgab, ist dadurch nicht vermindert worden. Die Werke der Wissenschaft gehen nicht unter, wie die der Eroberungssucht, noch sind sie mit den Verwünschungen derjenigen belastet, die darunter gelitten haben.

Die Methode, welche er bey seinen Untersuchungen befolgte, und der eigentliche Geist, der in seinen Werken weht, kann man nur aus diesen selbst entnehmen. Leider wissen wir zu wenig von seiner Jugend, um sagen zu können, auf welche Weise sich seine geistige Kraft so schnell und ohne fremde Hülfe so wunderbar entwickelte. Wir sehen ihn nur, wie Fontenelle sagt, gleich dem befruchtenden Strome Aegyptens, groß und seine Fluthen über alle Gegenden des Geisterreichs ergießend; aber die Quelle, aus welcher dieser mächtige Strom entsprang, bleibt unbekannt.

Gewiß ist, daß ihm eine Lebhaftigkeit der Penetration, eine Tiefe des Scharfsinns und eine Kraft der Erfindung beywohnte, wie sie noch bey keinem andern Menschen getroffen wurde. Aber wie groß auch sein Scharfsinn gewesen seyn mag, sein Fleiß und seine Beharrlichkeit in der Verfolgung einmahl ergriffener Gegenstände war nicht minder selten, und er selbst gestand öfter seinen Freunden, daß er die meisten seiner Entdeckungen nur dem beharrlichen Nachdenken über sie zu verdanken habe.

Durch eine stillschweigende, aber allgemeine Uebereinkunft wurde sein Nahme an die Spitze aller derjenigen gestellt, die unsere Geschichte der Wissenschaften als die Zierden des menschlichen Geschlechtes nennt. Wie groß auch der Ruhm seyn mag, mit welchem eine Reihe bereits verflossener Jahrhunderte die Weisen oder die Helden des grauen Alterthums bekleidet hat — ihr Glanz wurde verdunkelt durch die blendende Glorie, die Newton's Haupt umstrahlt, und weder Eigenliebe, noch Nationalstolz, noch selbst die nichts verschonende

Anmaßung unserer Zeit hat es gewagt, die Größe und die Ueberlegenheit seines Geistes über alle, die je gelebt haben, zu bezweifeln. Ein ihm nahe verwandter Genius (Laplace in seinem Système du Monde) hat Newton's größtes Werk, die Principien, für die Zierde der gesammten Literatur und für das höchste Product des menschlichen Geistes erklärt, und so gleichsam den verwegen scheinenden Ausdruck:

Nec fas est propius mortali attingere Divos,

den seine Zeitgenossen auf ihn angewendet haben, gemildert, und dadurch erst diese Worte auf ihre wahre Bedeutung zurückgeführt.

Zweyte Abtheilung.

Erläuterungen

zu der

vorhergehenden Geschichts-Erzählung.

[illegible]

Erläuterungen

des

vorhergehenden Gedichts Bedeutung.

Nachdem wir so in der ersten Abtheilung dieser Schrift erzählt haben, auf welche Weise Newton zu seiner großen Entdeckung gelangte, scheint uns noch übrig zu seyn, dieser Erzählung einige Erläuterungen hinzuzufügen, die allerdings besser vorausgeschickt worden wären, wenn man nicht besorgt hätte, die Leser durch Betrachtungen solcher Art abzuhalten, dem Ganzen ihre Aufmerksamkeit zu widmen; und wenn man nicht auch jetzt noch die Hoffnung hegte, daß das Anziehende jener Geschichte wenigstens einige bewegen werde, diesen Nachtrag näher kennen zu lernen, der nicht nur zur vollkommenen Verständniß des Vorhergehenden nothwendig ist, sondern der auch, wie wir erwarten, seine eigenen Reize hat, die bey einem an Nachdenken gewöhnten Leser vielleicht jene einer bloßen Erzählung noch weit übertreffen.

(Ableitung des Gesetzes der allgemeinen Attraction.) Wir haben bereits oben bemerkt, daß Newton, ehe er an die nähere Entwicklung seiner ersten Ideen gehen, ehe er sie zu dem Gegenstande einer eigentlichen Berechnung, auf die hier Alles ankam, machen konnte, zuerst die Art und Weise näher kennen lernen mußte, nach welcher die Erde auf die außer ihr gelegenen Körper wirkt. Es handelte sich also vorerst um die Kenntniß des Gesetzes, nach welchem die Erde die nahe oder fern von ihr gelegenen Körper anzieht.

(Versinnlichung dieser Anziehungskraft.) Man kann sich die Wirkung dieser Attraction nicht wohl anders sinnlich darstellen, als die eines Strahlen- oder Seilenbüschels, dessen einzelne Linien aus dem Mittelpuncte der kugelförmigen Erde divergirend auslaufen, wie etwa die Strahlen eines Lichtes, das in dem Mittelpuncte dieser Erde seinen Sitz hat. Denkt man sich eine hohle Kugelfläche, deren Halbmesser z. B.

1000 Meilen beträgt, und deren Mittelpunct mit jenem der Erde zusammenfällt, so wird die innere Fläche dieser Kugelschale von jenem Lichte mit einer gewissen Stärke beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmesser dieser Kugel noch einmahl so groß, also 2000 Meilen ist, so wird diese zweyte Kugelfläche von demselben Lichte im Mittelpuncte offenbar schwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher auf die erste, kleinere Kugel kam, jetzt, wo die größere an ihre Stelle tritt, auch auf die innere Fläche dieser letzten, aber da die zweyte Kugel eine viel größere Oberfläche hat, so werden die auf sie fallenden, von dem Mittelpuncte aus divergirenden Strahlen, viel weiter von einander entfernt seyn, als in dem ersten Falle, oder mit anderen Worten, die größere Kugel wird von demselben Lichte im Mittelpuncte schwächer beleuchtet werden, als die kleinere. Nun ist aber die Oberfläche einer Kugel, deren Halbmesser zweymahl so groß ist als der einer andern, viermahl größer, als die Oberfläche dieser andern Kugel, also ist auch die Kraft der Beleuchtung, welche die größere Kugel von dem Lichte erhält, viermahl kleiner, als diejenige, welche die kleinere Kugel empfangen hat. Wäre der Halbmesser der zweyten Kugel 3000 Meilen, also dreymahl größer, als jener der ersten Kugel, so würde die Oberfläche derselben auch dreymahl drey oder neunmahl größer, und daher ihre Beleuchtung auch neunmahl schwächer seyn. Wäre der Halbmesser derselben viermahl größer, so würde ihre Beleuchtung viermahl vier oder sechzehnmahl schwächer seyn u. s. w. Dasselbe, was wir so eben von dem Lichte im Mittelpuncte der Erde gesagt haben, wird nun auch von der Kraft der Anziehung dieses Mittelpunctes gelten, in welchem wir uns gleichsam die Anziehung aller Theile der Erde vereinigt denken können, wenn anders diese beyden Dinge, Licht und Attraction, in ihren Wirkungen diese Aehnlichkeit haben, die wir bey ihnen voraussetzten. Die Folge wird uns lehren, ob diese Voraussetzung in der That Statt hat, d. h., ob die auf diese Weise erklärten Erscheinungen der Attraction mit den Beobachtungen übereinstimmen oder nicht.

Wir werden also sagen, daß die Attraction der Erde, die sie auf irgend einen Punct außer ihr äußert, viermahl kleiner wird, wenn dieser Punct zweymahl weiter von dem Mittelpuncte

der Erde entfernt wird; neunmahl kleiner, wenn er dreymahl, sechzehnmahl kleiner, wenn er viermahl weiter, als anfangs, entfernt wird. Man nennt aber bekanntlich die Zahlen 4, 9, 16, 25, die Quadrate von den Zahlen 2, 3, 4, 5, wo man jene erhält, wenn man diese mit sich selbst multiplicirt. Demnach können wir unsern Satz kürzer so ausdrücken: „Die Anziehung des Mittel-„punctes der Erde auf einen außer ihr gelegenen Körper nimmt „in demselben Verhältniß zu, in welchem das Quadrat der Entfer-„nung des Körpers von dem Mittelpuncte der Erde abnimmt, „oder die Attraction der Erde verhält sich, wie „verkehrt das Quadrat des angezogenen Kör-„pers."

Diese Art der Anziehung der Erde setzte also, wie bereits oben (Seite 16) gesagt wurde, Newton als der Natur gemäß und als ihm bereits gegeben voraus. In der That gesteht er auch selbst in einem Briefe, den er am **14.** July **1686**, also zwanzig Jahre nach jener Epoche an Halley schrieb, daß er schon damahls aus Kepler's bekanntem dritten Gesetze der Planetenbewegungen den Schluß abgeleitet hatte, daß die Anziehung der Erde so beschaffen seyn müsse.

(Nähere Bestimmung dieses Gesetzes.) Ehe wir aber diesen Gegenstand verlassen, wird es gut seyn, ihm noch eine kleine Erweiterung, oder wenn man lieber will, Berichtigung zu geben, die wir in der Folge mit Nutzen werden anwenden können.

Ich werde mich nicht bey der Untersuchung aufhalten, was diese Kraft der Attraction eigentlich sey, oder woher sie komme. Die Metaphysiker, in deren Gebieth diese Frage gehört, mögen sie beantworten, wenn sie können. Uns ist es genug, das Daseyn einer solchen Kraft aus ihren Wirkungen zu erkennen. In der That sehen wir diese Wirkungen täglich in unendlichen Abwechslungen um und selbst in uns. Alle Körper der Natur ziehen sich an, alle äußern einen Hang zur Vereinigung mit anderen, und zur Abrundung mit sich selbst. So ist es mit dem Thautropfen auf dem Kohlblatte, und nicht anders ist es mit den Planeten in unserem Sonnensysteme. Die Ursache dieser Anzie-

hung aber kennen wir nicht. Wir empfinden den Duft, den die Blume aushaucht; wir ergetzen uns an dem Lichte und den Farben der Körper; wir sehen die Erde mit allen ihren Reizen unter, und den Himmel mit seinen Wundern über uns — aber wir haben den Hauch der Blumen so wenig, als die Feinheit des Lichtes berechnet, und der innere Zusammenhang aller Dinge auf der Erde ist uns eben so ein Räthsel, als die Kraft, die den Himmel zusammen hält, als die Zauberkette, die uns an die Erde, und die Erde selbst an die Sonne fesselt. Wir wissen nur, oder glauben doch zu wissen, was von der Außenwelt durch jene fünf Kanäle, die wir unsere Sinne nennen, unserem Innern zugeführt wird. Für jene Dinge aber fehlt uns der Sinn, daher sollten wir auch nicht weiter darnach fragen, weil eine Antwort darauf doch unmöglich ist, und weil sie, selbst wenn sie uns von einem höheren Wesen gegeben würde, uns unverständlich bleiben müßte. — Und wie viel mag uns noch fehlen, das wir nicht einmahl zu vermissen im Stande sind. Man stelle sich nur vor, wie uns die Welt vorkommen würde, wenn wir Alle ohne Augen geboren wären, oder welche andere ganz neue Welt sich vor uns aufthun würde, wenn es dem Schöpfer gefiele, noch einen andern Sinn in uns aufzuschließen, und ein Paar Klappen mehr, wie unsere Augen, zu öffnen, um uns mit der Außenwelt in einen neuen Rapport zu setzen.

Wie es also auch mit der eigentlichen Natur dieser Anziehung der Erde und der aller übrigen Körper beschaffen seyn mag, so können wir doch nicht gut anders, als diese Kraft einem jeden einzelnen Theile, jedem Elemente dieser Körper zuschreiben, aus welchen sie, als aus den kleinsten Körpern ihrer Art, zusammengesetzt seyn müssen. Demnach wird die ganze Kraft, mit welcher ein Körper anzieht, nichs anders, als die Summe aller Kräfte jener Elemente seyn, aus welcher er besteht, und diese Totalkraft des Körpers wird um so größer seyn, je größer die Anzahl dieser Elemente, d. h. mit anderen Worten, je größer die Masse des anziehenden Körpers ist, da wir unter diesem Worte nur eben die Summe aller den Körper constituirenden Atome zu verstehen pflegen. — Dasselbe wird also auch von unserer ganzen Erde gelten. Jetzt fallen z. B. alle Körper in der

ersten Secunde durch den senkrechten Raum von nahe 15 Pariser Fuß, und dieser Weg, die Wirkung jener Kraft der Erde, muß als das eigentliche Maß dieser Kraft selbst auf der Oberfläche der Erde angesehen werden. Wenn nun diese Erde plötzlich fünfmahl compacter würde, wenn sie, ohne sich in ihrer Größe zu ändern, fünfmahl mehr Elemente, oder eine fünfmahl größere Masse erhielte, d. h., wenn die Masse der Erde nahe die Dichtigkeit unseres Goldes hätte: so würde auch ihre Kraft der Attraction in derselben Entfernung fünfmahl größer werden, oder die Körper würden dann an der Oberfläche der Erde nicht mehr durch 15, sondern durch 75 Fuß in der ersten Secunde fallen.

Dasselbe würde also auch von zwey andern Kugeln gelten, deren Massen unter sich verschieden sind. Unser Mond z. B. hat nur den siebenzigsten Theil der Masse der Erde. Er wird also auch einen Körper siebenzigmahl schwächer anziehen, als ihn die Erde anzieht, wenn er in beyden Fällen gleich weit von dem Mittelpuncte dieser beyden Planeten entfernt ist.

Wir werden also, so lange wir nur von einem einzigen Körper sprechen, wie zuvor, sagen, daß sich seine Anziehung verhält, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers; wenn wir aber die Anziehung mehrerer Körper von verschiedenen Massen betrachten, oder wenn wir allgemein sprechen wollen, so werden wir sagen: „Die Anziehung jedes Kör„pers verhält sich wie seine Masse, und verkehrt wie das Qua„drat der Entfernung des angezogenen Körpers;" oder das eigentliche Maß der Anziehung eines Körpers ist seine Masse, dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung.

(Anwendung dieses Satzes auf den Fall der Körper im Monde.) Wir wollen von diesem äußerst fruchtbaren Satze sogleich eine Anwendung geben. — Also, nach dem oben Gesagten, fällt bey uns, auf der Oberfläche der Erde, ein Stein und überhaupt jeder Körper in der ersten Secunde durch 15 Fuß; wie viel wird er auf der Oberfläche des Mondes fallen? — Auf den ersten Blick sollte man glauben, daß sich so etwas ohne einem eigenen Experimente nicht ausmachen läßt. Ein Experiment dieser Art müßte aber offenbar

auf dem Monde selbst gemacht werden. Allein dahin kann Niemand von uns kommen, also — bleibt auch die ganze Sache unausgemacht. — Nicht doch! Die Antwort ist vielmehr sehr leicht. Sie ist nichts, als die allereinfachste Anwendung unseres Satzes.

In der That, die Masse des Mondes beträgt, nach dem Vorhergehenden, nur den siebenzigsten Theil der Erdmasse, oder jene ist gleich 0.0143, wenn diese gleich 1 ist. Der ebenfalls bekannte Halbmesser des Mondes aber beträgt 230 deutsche Meilen, während der Halbmesser der Erde 860 Meilen beträgt; jene ist also gleich 0.2674, wenn dieser gleich 1 ist. Allein nach unserem Satze verhält sich die Kraft des Mondes zur Kraft der Erde, wie die Masse des Mondes dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, zur Masse der Erde dividirt durch das Quadrat ihres Halbmessers. Da die Masse der Erde, so wie ihr Halbmesser, gleich 1 angenommen wurde, so ist das letzte oder vierte Glied dieser Proportion auch gleich der Einheit. Das dritte Glied derselben aber ist gleich 0.0143 dividirt durch das Quadrat von 0.2674, dieses Glied ist also gleich 0.2. Unsere Proportion läßt sich daher einfacher so ausdrücken: Die Kraft des Mondes verhält sich zur Kraft der Erde wie 0.2 zu 1, d. h., die Kraft des Mondes ist gleich $^2/_{10}$ der Kraft der Erde. Aber die Kraft der Erde oder ihr Maß, d. h., der Fall der Körper auf der Erde ist 15 Fuß, also ist auch die Kraft des Mondes nur $^2/_{10}$ von 15, oder nur 3 Fuß. Die Körper fallen also auf der Oberfläche des Mondes nur durch 3 Fuß in der ersten Secunde, während sie auf der Oberfläche der Erde fünfmahl tiefer, oder durch 15 Fuß fallen. — Ganz eben so wird man auch den Fall der Körper auf der Oberfläche eines jeden andern Himmelskörpers finden, wenn man nur die Masse und den Halbmesser desselben kennt. So erhält man z. B. für diesen Fall der Körper auf der Oberfläche Jupiters 39 Fuß, und auf der Oberfläche der Sonne 430 Fuß. Da nun aber dieser Fall der Körper, oder was dasselbe ist, diese Attraction der Planeten es ist, die das Gewicht oder die eigentliche Schwere der Körper bestimme, so wird auch daraus folgen, daß jeder Körper, der bey uns z. B. ein Pfund wiegt, auf dem Monde nur $^2/_{10}$ eines Pfundes, oder

nur 6 $^2/_5$ Loth wiegen kann. Dieß wird sich aber, wie sich wohl von selbst versteht, nicht durch unsere Wage nachweisen lassen, selbst wenn man mit ihnen auf den Mond kommen könnte. Denn auch das Gewicht, das wir doch in die andere Schale der Wage legen müßten, ist wieder ein Körper, dessen Schwere also ebenfalls dort nur $^2/_{10}$ derjenigen Schwere haben würde, die es auf der Erde hatte. Statt diesem Worte Gewicht oder Schwere werden wir daher angemessener das Wort Druck gebrauchen, und sagen: daß ein Körper, der auf der Erde mit der Kraft von einem Pfunde auf seine Unterlage drückt, auf dem Monde nur mit $^1/_5$ dieser Kraft, also nur mit der Kraft von 6 $^2/_5$ Loth auf seine Basis drücken würde. In diesem Sinne wird also unser Gewicht von einem Pfunde auf dem Monde nur $^1/_5$, auf dem Jupiter 2 $^3/_5$, und auf der Sonne 28 $^7/_{10}$ Pfunde wiegen.

(Künstliche Monde, die wir uns vielleicht einmahl selbst machen können.) Verweilen wir einen Augenblick bey den Folgen, welche diese Aenderung der Schwere auf den verschiedenen Himmelskörpern nach sich ziehen wird. — Wir Alle wissen, daß, wenn ein Stein geworfen, oder wenn eine Kanonenkugel schief gegen den Horizont aufwärts abgeschossen wird, die Kugel eine krumme Linie beschreibt, in welcher sie eine Zeit durch sich über den Horizont erhebt, und dann wieder allmählig sich ihm nähert, bis sie endlich wieder zur Erde zurückfällt. Je größer die Kraft, mit welcher die Kugel abgeschossen wurde, das heißt, je stärker die Ladung der Kanone, oder auch, je größer die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel, gleich nach ihrem Austritte aus dem Laufe des Geschützes ist, desto größer wird auch der Bogen seyn, den sie über der Erde beschreibt, ehe sie wieder zu ihr zurückfällt. Es ist klar, daß endlich diese Kraft der Ladung so groß werden könnte, daß die Kugel gar nicht mehr zur Erde zurückfallen, daß sie also eine krumme Linie um die ganze Erde herum beschreiben müßte. Dann würde sie aber dasselbe thun, was der Mond schon so lange thut, und wir würden auch in der That an ihr einen kleinen Mond mehr erhalten, so daß wir am Ende uns diese Monde in beliebiger Anzahl, etwa wie jetzt die Seifenblasen, machen könnten, wenn wir nur unserem

Geschütze die nöthige Kraft dazu ertheilen können. Und wie groß müßte denn die Ladung, oder mit andern Worten, wie groß müßte denn die Geschwindigkeit der Kugel in der ersten Secunde nach ihrem Austritte aus der Mündung seyn, damit sie, ohne zur Erde zu fallen, den ganzen Kreis um sie zurücklegen könnte?

Die Antwort auf diese Frage ist für die, welche nur mit den ersten Elementen der Mechanik bekannt sind, sehr leicht. Hier wird es genügen, der Kürze wegen, nur die Antwort selbst, ohne ihre Gründe, zu geben.

Wenn man die Fallhöhe der Körper in der ersten Secunde mit dem Durchmesser des Planeten multiplicirt, und von der so erhaltenen Zahl die Quadratwurzel nimmt, so erhält man die verlangte anfängliche Geschwindigkeit der in Frage stehenden Kugel.

Für unsere Erde ist die Fallhöhe der Körper, wie wir oben gesehen haben, 15 Pariser Fuß. Der Halbmesser der Erde aber beträgt 860 deutsche Meilen, deren jede 22840 Pariser Fuß hat, also beträgt auch der Halbmesser der Erde 19642400 Fuß. Wird diese letzte Zahl zweymahl genommen, und durch 15 multiplicirt, so erhält man 589272000, und von dieser Zahl ist die Quadratwurzel 24275.

Man müßte also der Kanone eine solche Ladung geben, damit die Kugel in der ersten Secunde ihres Laufes einen Weg von 24275 Pariser Fuß zurücklegte. Allein, unsere bisherigen Kanonenkugeln, die höchstens 700 Fuß in der ersten Secunde zurücklegen, sind noch sehr weit entfernt, jene Geschwindigkeit zu haben, die sie haben müßten, wenn wir sie zu immerwährenden Begleitern unserer Erde, gleich dem Monde, machen wollten. Dazu bedürfte es einer Ladung, die unsere bisherige stärkste noch mehr als 300 Mahl übertrifft, und eine solche Kraft können selbst unsere Dampfmaschinen nicht erzeugen. Wir müssen daher Versuche dieser Art einstweilen liegen lassen, und auf bessere Zeiten warten.

Aber die Mondesbewohner, vorausgesetzt, daß es deren gibt, und daß sie auch Kanonen oder Dampfmaschinen haben, diese, sollte man glauben, dürften schon etwas mehr wagen. Da die

Schwere auf der Oberfläche ihrer Erde nur den fünften Theil von unserer beträgt, so würden dort unsere Feuergewehre schon ganz andere Wirkungen hervorbringen. Eine kleine Rechnung wird uns dieß sogleich näher zeigen, obschon man bereits, selbst ohne alle Rechnung sieht, daß die Ladung auf dem Monde ebenfalls nahe den fünften Theil von der auf unserer betragen werde. In der That, die Fallhöhe auf dem Monde ist, wie wir gesehen haben, 3 Fuß, und der Halbmesser desselben beträgt 230 Meilen oder 5253200 Fuß, welche Zahl mit 6 multiplicirt zur Wurzel gibt 5614. Die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel müßte also auf dem Monde 5614 Fuß, also noch immer wenigstens achtmahl mehr betragen, als unsere Kanonen zu leisten vermögen; daher denn auch die Bewohner des Mondes jenes Experiment wahrscheinlich so bald noch nicht ausführen werden.

(**Vortheile der geringeren Schwere für die Bewohner des Mondes.**) Immer aber werden sich die Seleniten in allen denjenigen Fällen eines großen Vortheiles über uns erfreuen, wo es darum zu thun ist, durch die Wirkung solcher Kräfte, die nicht mit der Schwere in unmittelbarem Zusammenhange sind, der Kraft der Schwere selbst entgegen zu arbeiten. Unsere Wagen z. B., unsere Hebel, unser Rad an der Welle werden dort, so lange bloß die Schwere selbst auf sie wirkt, keine besseren Dienste thun, als hier. Sobald aber diese Maschinen mit der Spannkraft von elastischen Federn, mit der durch Entwicklung der Dämpfe erzeugten, oder mit der Muskelkraft der Menschen und Thiere in Verbindung gebracht werden, um eine gegebene Last zu heben oder fortzuschaffen, oder überhaupt um der Kraft der Schwere auf irgend eine Art entgegen zu arbeiten, sobald tritt auch der Vortheil derjenigen, deren Wohnort eine kleinere Schwere hat, in seine Rechte ein, und unsere Pferde z. B. würden auf dem Monde, unter übrigens gleichen Umständen, viel größere Lasten ziehen, und viel schneller laufen können, als auf der Erde; so wie die Grotesquetänzer des Mondes, wenn es solche gibt, und wenn sie dieselbe Muskelkraft, wie die unseren, besitzen, mit derselben Anstrengung fünfmahl höher springen würden, als sie es auf unseren Bühnen können, weil sie hier

ebenfalls durch ein fünfmahl größeres Gewicht zur Erde zurückgezogen werden.

(**Meteorsteine.**) Man hat in den neueren Zeiten öfter die Meinung geäußert, daß die Steine, welche zuweilen unter heftigen Detonationen aus der Luft zur Erde fallen, und die unter dem Nahmen der Meteorsteine oder Aerolithen bekannt sind, von den Vulkanen des Mondes ausgeworfen werden. Die geringe Anziehungskraft, welche der Mond auf die Körper seiner Oberfläche ausübt, verleihen dieser Hypothese einige Wahrscheinlichkeit; besonders wenn man bedenkt, daß diese Steine alle von nahe gleichem Aussehen und Inhalte sind, und daher nicht gut kosmischen Ursprungs seyn können, wie Chadny wollte, der sie für kleine Planeten erklärte, die sich in dem Weltraume bewegen, und zuweilen unserer Erde so nahe kommen, daß sie von ihr angezogen werden.

Wenn ein von einem Mondsvulkan ausgeworfener Körper eine so große anfängliche Geschwindigkeit erhält, und wenn er von dem Monde so weit weggeschleudert wird, daß er die viel größere Attractionssphäre der Erde erreicht, so wird er fortan nicht mehr dem Monde, sondern der Erde angehören, und sich entweder um die letzte, wie ein anderer kleiner Mond, oder auch, wenn seine anfängliche Bewegung eine mehr zur Erde geneigte Richtung hat, sich zu derselben hin bewegen, und endlich sich völlig mit ihr vereinigen.

Wenn man, der größeren Einfachheit wegen, von der Bewegung der Erde und des Mondes abstrahirt, oder diese beyden Gestirne in Ruhe, und überdieß den ursprünglichen Wurf des Aerolithen gegen die Erde hin gerichtet annimmt, so hat man eigentlich nur die geradlinige Bewegung eines Körpers zu bestimmen, welcher von zwey Kräften angezogen wird, die sich verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernungen von dem Körper verhalten.

Aus den bekannten Massen und Durchmessern dieser beyden Gestirne findet man die Entfernung des Punctes zwischen beyden, für welchen die Anziehung des Mondes eben so groß ist, als die der Erde. Dieser Punct ist, wie eine einfache Rechnung

zeigt, 7 Erdhalbmesser von dem Mittelpuncte des Mondes, und daher 53.16 Erdhalbmesser von dem Mittelpuncte der Erde entfernt. Ist nun die anfängliche Geschwindigkeit des Aerolithen 8290 Pariser Fuß in der ersten Secunde, so wird er diesen Punct der gleichen Anziehung erreichen, und hier, da seine Geschwindigkeit in diesem Puncte verschwindet, stille stehen. Ist aber diese anfängliche Geschwindigkeit nur etwas größer, so wird er diese Gränze der Attraction der Erde überschreiten, und dann in beschleunigter Bewegung zur Erde fallen. — Diese ursprüngliche Geschwindigkeit ist also doch noch immer gegen vierzehnmahl größer, als die unserer Kanonenkugeln. Wir kennen aber die Kraft, mit welcher unsere Vulkane die Körper auswerfen, zu wenig, um über diesen Gegenstand urtheilen zu können.

Man könnte fragen, wie lange ein solcher Körper, dessen anfängliche Entfernung von dem Mittelpuncte der Erde 53.16 Erdhalbmesser beträgt, fallen müßte, bis er die Oberfläche der Erde erreicht? — Wenn er bloß von der Erde angezogen würde, so findet man die Antwort auf diese Frage durch eine sehr einfache Rechnung. Er wird 2 Stunden, 18 Minuten, 33 Secunden fallen, und am Ende dieser Zeit die Erde mit einer Geschwindigkeit erreichen, mit welcher er in einer Secunde 251028 Fuß zurücklegt. Seine Erdgeschwindigkeit würde also nahe 418 Mahl größer seyn, als die unserer Kanonenkugel, und daraus könnte man vielleicht das tiefe Einschlagen der Aerolithen in die Erde, und die Erscheinung erklären, daß man selbst nach einem heftigen Steinregen in der ganzen Gegend keine Aerolithen finden kann. Allein da ein solcher Körper, wenigstens im Anfange seiner Bewegung, wo er eben die Attractionssphäre des Mondes verläßt, auch von dem Monde selbst noch stark angezogen wird, so kann das vorhergehende Resultat nicht einmahl als ein genähertes angesehen werden. In der That findet man, wenn man auf diese Attraction des Mondes Rücksicht nimmt, die Zeit, in welcher der Aerolith jene 53.16 Erdhalbmesser zurücklegen wird, nahe gleich 64 Stunden oder $2\frac{2}{3}$ Tage.

Wenn übrigens diese Hypothese von dem Ursprunge der Aerolithen, die selbst Lagrange und Laplace in Schutz genommen haben, der Wahrheit gemäß seyn soll, so muß man gestehen,

daß sich die Erde in Beziehung auf ihren Diener und Fackelträger in einer etwas sonderbaren Lage befindet. Sie muß sich von ihm mit Steinen werfen lassen, ohne es hindern, oder auch nur erwiedern zu können; da nicht nur unsere Maschinen, sondern selbst die uns bekannten Naturkräfte der Erde nicht im Stande sind, einen Stein auf nur einige, geschweige denn auf 50000 Meilen von uns zu treiben, und so durch gerechte Repressalien dem unartigen Diener etwas bessere Sitte zu lehren. Da man indeß, nach dem Rathe aller unserer Philosophen, am besten geduldig leidet, was man nicht ändern kann, so werden wir immerhin, wie bisher, die verschossenen Kugeln des Feindes ruhig auflesen, und unsere Mineraliencabinette dadurch bereichern, während der Feind durch seine unnütze Kanonade nur sich selbst schwächt, und es am Ende noch dahin bringt, daß er seinen Vorrath ganz erschöpfen, und nichts mehr auf uns herabzuwerfen haben wird, was allerdings noch eine gute Weile, etwa einige Billionen Jahre dauern mag, bis es endlich mit ihm zu dieser Extremität kommen kann.

(Die Rotation vermindert ebenfalls die Schwere.)

Noch gäbe es ein anderes Mittel, die Schwere der Erde, oder vielmehr die Wirkung dieser Schwere auf die Körper ihrer Oberfläche zu vermindern, und dadurch unsern Dampf- und Pulvermaschinen eine größere Kraft zu geben. Allein dieses Mittel steht durchaus nicht in unserer Macht, und kann daher nur ihrer eigenen Merkwürdigkeit wegen angeführt werden. Man weiß, daß alle Körper, die schnell in einem Kreise herumgedreht werden, ein Bestreben äußern, von dem Mittelpuncte dieses Kreises, in der Richtung des Halbmessers desselben, sich zu entfernen. Man nennt dieß bekanntlich die Centrifugal- oder die Schwungkraft der Körper. Wenn eine mit einem Steine belegte Schleuder schnell um die Hand bewegt wird, so verläßt der Stein seine Schlinge nicht, selbst wenn die letzte in einer schiefen Lage gegen den Horizont gedreht wird. Die Schwungkraft, die der Stein durch diese Bewegung der Schleuder erhält, ist größer als seine Schwere, und aus dieser Ursache fällt er nicht, selbst wenn er den höchsten Punct seines Kreises einnimmt, wo er an

seiner unteren, der Erde nächsten Seite durch nichts unterstützt ist. Ein Glas mit Wasser gefüllt und in die Schleuder gestellt, und in derselben schnell im Kreise gedreht, wird nichts von seinem Inhalte verlieren, selbst dann nicht, wenn der Boden des Glases oben, und die Oeffnung desselben zur Erde gekehrt ist. Wenn ein mit Wasser zum Theil gefüllter, und an einer oder an mehreren Schnüren aufgehängter Eimer um diese Schnüre lange gedreht, und dann sich selbst überlassen wird, so drehen sich die Schnüre wieder auf, und der Eimer erhält dadurch eine schnelle Rotation, die das Wasser an seinem Rande erhebt, und in der Mitte des Gefäßes vertieft, und dieß zwar bey einer sehr schnellen Rotation in einem solchen Maße, daß endlich alles Wasser aus dem Gefäße steigt, und den Boden desselben beynahe trocken legt.

Aehnliche Erscheinungen bringt also auch die Rotation der Erde auf die Körper ihrer Oberfläche, ja auf die Gestalt dieser Oberfläche selbst hervor. Da sie in ihrem ursprünglichen Zustande höchst wahrscheinlich noch in allen ihren Theilen eine mit Wasser gemischte, und durch eine hohe Temperatur erwärmte, weiche Masse war, und da alle Theile derselben sich in derselben Zeit von 24 Stunden um ihre Axe drehten: so mußten sich die von dieser Axe entferntesten, also dem Erdäquator nächsten Theile, die viel größeren Kreise in derselben Zeit beschreiben, als die den Polen näheren Theile, viel schneller bewegen, also auch eine viel größere Centrifugalkraft erleiden, und daher mehr als alle anderen sich von dem Mittelpuncte der Erde zu e n t f e r n e n suchen. Wer je ein weiches Thonstück auf einer gewöhnlichen Töpferscheibe schnell drehen sah, hat daran ein einfaches und deutliches Beyspiel von der ersten Bildung unserer Erde im Großen. Dadurch nahm die anfangs kugelförmige Erde die Gestalt eines an ihren Polen abgeplatteten, oder an ihrem Aequator erhöhten Sphäroids an. In der That zeigen auch unsere neueren Gradmessungen, so wie unsere Pendelbeobachtungen in verschiedenen Gegenden der Erde, daß dieselbe nicht die Gestalt einer vollkommenen Kugel, sondern die eines Körpers hat, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Nach den neuesten Bestimmungen ist der Halbmesser des Erdäquators

gleich 19631113, und der Polarhalbmesser der Erde nur 19565122 Pariser Fuß. Die Differenz beyder ist 64991 Fuß, oder nahe 2 9/10 deutsche Meilen, das heißt, der 297ste Theil dieser Halbaxe selbst.

Durch dieselbe Schwungkraft wird also auch die Schwere der Körper auf der Oberfläche der Erde, d. h. ihr Fall in der ersten Secunde, oder ihr Druck gegen die Unterlage derselben desto mehr vermindert, je näher diese Körper an dem Aequator sind. Man hat gefunden, daß diese Schwere der Körper an dem Aequator um den 290sten Theil ihrer Größe kleiner ist, als an den Polen, so daß ein Körper, der an den Polen mit dem Gewichte von z. B. 290 Pfund auf seine Unterlage drückt, an dem Aequator nur mehr mit dem Gewichte von 289 Pfunden auf sie drücken würde. Wenn der Halbmesser der Erde 289 Mahl größer wäre, als er jetzt ist, und die Länge des Tages dieselbe bliebe, oder auch, wenn bey dem gegenwärtigen Halbmesser der Erde die Länge des Tages 17 Mahl kleiner, also nur gleich 5068 Secunden wäre, so würde die Schwungkraft am Aequator gleich der Schwere seyn, und die Körper, sich selbst überlassen, würden dann nicht mehr zur Erde fallen, sondern in jedem Puncte über der Erde, wo man sie ausläßt, stehen bleiben. Ein noch größerer Halbmesser oder eine noch schnellere Umdrehung der Erde würde endlich diese Körper ganz von ihr entfernen: sie würden von selbst steigen, wie sie jetzt von freyen Stücken fallen, und man würde sie durch irgend ein Band an die Erde befestigen müssen, wenn sie dieselbe nicht verlassen sollen, so wie man ein Holz am Boden eines Flußes befestigen muß, damit es nicht an die Oberfläche des Wassers heraufsteige. Unter diesen Verhältnissen würde man also schon mit einer viel geringeren Kraft unsere Kugeln so weit von der Erde wegtreiben können, um sie sodann als kleine Monde um uns gehen zu sehen. Bey Jupiter z. B. sind diese Umstände zu solchem Zwecke schon viel günstiger, da sein Halbmesser viel größer, und die Zeit seiner täglichen Rotation viel kleiner ist. Bey diesem Planeten verhält sich nähmlich die durch die Schwungkraft verminderte Schwere an dem Aequator zu der unverminderten Schwere an den beyden Polen wie 10 zu 11, so daß also die Schwungkraft schon den eilften Theil der

absoluten Schwere beträgt, während sie bey der Erde nur den 3000sten Theil der Schwere ausmacht.

(**Geometrische Bestimmung des Falles der Planeten zur Sonne.**) Wir haben oben (Seite 35) gesagt, daß schon die geringste Kenntniß der Geometrie hinreicht, zu zeigen, daß das Stück BM, um welches der Halbmesser CM eines Kreises bis zur Tangente AB des kleinen Bogens AM verlängert wird, gleich der Hälfte des Quadrats dieses Bogens AM ist, wenn man den Halbmesser des Kreises zur Einheit angenommen hat. Da auf diesem Satze die eigentliche Entdeckung Newton's beruht, und da er auch sonst von dem größten Nutzen durch das ganze Gebieth der Mechanik ist, so wird es vielleicht nicht unangemessen seyn, ihn hier etwas näher zu betrachten.

Bemerken wir aber zuerst, daß wir uns oben, der Kürze wegen, eine kleine Unrichtigkeit im Ausdrucke erlaubt haben. Eigentlich ist nähmlich nicht BM (Fig. Seite 30) der Weg, um welchen sich der im Kreise bewegte Körper, während er durch den Bogen AM geht, dem Mittelpuncte C dieses Kreises nähert, sondern dieser Weg wird durch die etwas kleinere Linie Am ausgedrückt, die man erhält, wenn man von dem Puncte M eine senkrechte Linie Mm auf den ersten Halbmesser CA fällt, wo also diese Senkrechte Mm mit der Tangente AB des Kreises parallel ist. Von dieser kleinen Linie Am also gilt der erwähnte Satz, daß sie nähmlich immer gleich ist der Hälfte des Quadrats von dem Bogen AM.

Was nun zuerst diesen Bogen AM betrifft, so wird man ihn immer leicht in Theilen des Halbmessers angeben können, wenn man bereits den Winkel ACM, in Secunden ausgedrückt, kennt, zu welchem dieser Bogen gehört. Man weiß nähmlich, daß in jedem Kreise, dessen Halbmesser die Einheit, also z. B. gleich einem Fuß ist, die halbe Peripherie desselben 3.1415926 Fuß beträgt. Zu der halben Peripherie gehört aber der Winkel von 180 Graden, oder was dasselbe ist, von 648000 Secunden. Wenn also zu einem Winkel von 648000 Secunden der Bogen von 3.1415926 Fuß gehört, so wird zu dem Winkel von einer Secunde der Bogen von 0.00000484814 Secunden gehören,

das heißt, wenn man irgend einen in Secunden ausgedrückten Winkel hat, so wird man den dazu gehörenden Bogen erhalten, wenn man diese Anzahl Secunden mit der letzten Zahl multiplicirt. So erhält man z. B. für einen Winkel von einem Grade oder von 3600 Secunden den dazu gehörenden Bogen gleich 0.0174533, und eben so erhielten wir oben (Seite 31) für den kleinen Winkel ACM von 0.5479 Secunden den entsprechenden Bogen AM = 0.00000265629 Theilen seines Halbmessers.

Dieß vorausgesetzt, ziehe man nun die Linie MD und die geradlinige Sehne MA, so erhält man ein Dreyeck AMD, in welchem der Winkel an M ein rechter Winkel ist, oder 90 Grade hat, weil er ein Peripheriewinkel im Halbkreise AMD ist. Aber auch in dem kleinen Dreyecke AmM ist der Winkel an m ein rechter, weil Mm senkrecht auf CA gezogen wurde. Ueberdieß sind in diesen beyden Dreyecken die Winkel ADM und AMm einander gleich, weil jeder dieser Peripheriewinkel auf einem gleich großen Kreisbogen steht. Diese beyden Dreyecke sind daher einander ähnlich, und es verhält sich Am zu der Sehne AM, wie sich AM zu AD verhält. Ist daher der Halbmesser AC des Kreises gleich 1, so ist der Durchmesser AD gleich 2, und die vorhergehende Proportion gibt sofort $Am = \frac{1}{2} AM^2$, das heißt, sie gibt unsern Satz, wenn man, was bey so kleinen Bogen, wie wir hier betrachten, immer erlaubt ist, statt der geradlinigen Sehne AM den Bogen AM selbst nimmt. Dieser Ausdruck setzt voraus, daß der Halbmesser des Kreises gleich der Einheit, also z. B. gleich 1 Fuß ist. Beträgt dieser Halbmesser 2, 3, 4 Fuß, so wird Am ebenfalls 2, 3, 4 Mahl größer, so daß man überhaupt die Größe $\frac{1}{2} AM^2$ mit dem Halbmesser des Kreises multipliciren wird, um das entsprechende Stück Am dieses Kreises zu finden, ganz übereinstimmend mit dem oben (Seite 31) angeführten Verfahren.

Dieses Stück Am, das man in der Geometrie den Sinusversus des Bogens AM zu nennen pflegt, drückt also den Fall des Körpers, der sich in einem Kreise bewegt, gegen den Mittelpunct C dieses Kreises aus, und dieser Fall kann zugleich, wie oben (Seite 29) gesagt wurde, für das eigentliche Maß der Attraction angesehen werden, den die in C ruhende Kraft auf

den bewegten Körper A in der Entfernung CA ausübt, weil dieser Fall des Körpers gegen C derselbe ist oder von gleicher Größe bleibt, der Körper mag in A ruhen, oder sich von A gegen M bewegen, wie wir bereits oben (Seite 28) erwähnt haben.

(Kurze Zusammenstellung des Vorhergehenden.) Newton's Verfahren war also, wie wir es jetzt kürzer fassen können, folgendes: Wenn die Kraft, welche den Stein auf der Oberfläche der Erde fallen macht, dieselbe ist, welche auch den Mond um die Erde bewegt, so muß diese Kraft, die sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalten soll, wenn sie die Körper auf der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen läßt, den Mond, der 60.16 Erdhalbmesser von uns entfernt ist, in derselben durch 15 dividirt durch das Quadrat von 60.16, das heißt, durch 0.00414 Fuß fallen machen. Es kam also nur noch auf ein Mittel an, den Fall des Mondes gegen die Erde in der That zu messen, und zuzusehen, ob er auch genau so groß ist, wie er durch jene Voraussetzung gefunden wird. Die bekannte Umlaufszeit des Mondes, verbunden mit der Entfernung desselben, gibt uns aber dieses Mittel, das heißt, sie setzt uns in den Stand, den Sinusversus Am der Mondesbahn in jeder Zeitsecunde zu bestimmen, und da auf diesem zweyten, von jenem ganz verschiedenen Wege, diese Linie Am genau eben so groß, wie zuvor, nähmlich gleich 0.00414 Fuß gefunden wird, so ist es nicht weiter zu bezweifeln, daß es dieselbe Kraft ist, welche die Körper auf der Erde fallen, und welche den Mond in seiner Bahn um die Erde gehen macht.

Oder auch, noch kürzer, umgekehrt: Aus der Umlaufszeit des Mondes findet man den Fall desselben in einer Secunde gleich 0.00414 Fuß. Ist davon die Schwere der Erde die Ursache, so müßte derselbe Mond, wenn er auf der Oberfläche der Erde wäre, in einer Secunde durch 0.00414 multiplicirt mit dem Quadrate von 60.16, das heißt, durch 15 Fuß fallen. Da aber die Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde in der That durch 15 Fuß fallen, so ist auch diese Schwere der Erde die Ursache von der Bewegung des Mondes; nur ist die Wirkung dieser Schwere, wie wir sie auf unserer Erde beob-

achten, um vieles schwächer in der Entfernung von nahe 52000 Meilen, in welcher der Mond von uns absteht, und zwar in dem Verhältnisse schwächer, in welchem das Quadrat dieser Entfernung zu dem Quadrate des Erdhalbmessers von 860 Meilen steht.

(Erweiterung dieser Entdeckung durch Induction.)

Da es nun außer Zweifel ist, daß die Attraction oder die Schwere der Erde den Mond in seiner Bahn um dieselbe führt, so wird man durch die Analogie der Sache gleichsam von selbst darauf geleitet, daß auch die vier Monde Jupiters oder die sieben Monde Saturns durch eine ähnliche Kraft ihres Hauptplaneten um denselben geführt werden. Ja, da die Erde und alle übrigen Planeten eben so um die Sonne, wie jene Monde um ihre Hauptplaneten sich bewegen, so wird wohl auch der Sonne selbst eine solche Kraft beywohnen, die sich ebenfalls wie ihre Masse und verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung verhält, und durch welche sie, so wie unsere Erde, die Körper auf ihre Oberfläche, und zugleich diese sie umkreisenden Planeten gegen ihren Mittelpunct fallen macht, in welchem Fallen eigentlich, wie wir dieß oben bey dem Monde in Beziehung auf die Erde gesehen haben, die kreisförmige Bewegung dieser Planeten um die Sonne besteht. Die Rechnung hat diese Analogie vollkommen bestätigt, und noch hat kein Körper unseres Sonnensystems, den wir in dieser Beziehung untersuchten, von dieser Regel eine Ausnahme gemacht. Wir können sie daher als eine allgemeine Regel betrachten, als ein allgemeines Gesetz, das bis an die äußersten Gränzen des Sonnengebiethes herrscht, und dem alle Planeten und Kometen, so wie alle Satelliten, die man in diesem Systeme bisher kennen gelernt hat, ohne Ausnahme unterworfen sind. Jeder dieser Himmelskörper ist daher der Sitz einer Kraft, die sich wie seine Masse und verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, das heißt, einer Kraft, die desto größer ist, je mehr Masse der anziehende Körper hat, und deren Wirkung auf irgend einen äußern Körper in demselben Verhältnisse schwächer wird, in welchem das Quadrat der Entfernung dieser beyden Körper zunimmt. In der That hat man es versucht, unter der Voraussetzung einer solchen Kraft, die Bewegungen dieser Kör-

per um einander, ihre Bahnen und ihre Geschwindigkeiten in denselben zu bestimmen, und man hat gefunden, daß, wenn dem Centralkörper eine solche Kraft beywohnt, der von ihm angezogene Körper im Allgemeinen eine Ellipse (eigentlich einen sogenannten Kegelschnitt) beschreiben muß, in dessen einem Brennpuncte der Centralkörper liegt. Eben so ist durch Rechnung als unzweifelhaft ausgemacht, daß eine solche Bewegung in Ellipsen immer auf eine Centralkraft zurückführt, deren Sitz in dem einen Brennpuncte der Ellipse ist, und die sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält. Zwar sind die Rechnungen, welche die Astronomen zu diesem Zwecke ausgedacht haben, nicht der Art, daß sie hier, wo wir uns aller mathematischen Formeln enthalten wollten, mitgetheilt werden können. Aber, wenn die Leser sich nur erinnern wollen, mit welcher Genauigkeit die Finsternisse in unsern Kalendern vorausberechnet werden, so werden sie, auch ohne diese Rechnungen mitgemacht zu haben, ohne Anstand selbst bemerken, daß die Astronomen die nach jenem allgemeinen Gesetze bestimmten Bewegungen der Planeten mit großer Genauigkeit kennen müssen. Auch ist jede einzelne Beobachtung derselben, wenn sie mit jenen Rechnungen, das heißt aber im Grunde, mit jenem Gesetze verglichen werden, eine neue Bestätigung der Wahrheit dieses Gesetzes, und da wir dieser Beobachtungen seit so vielen Jahrhunderten eine in der That unzählbare Menge besitzen, so darf man wohl mit Recht behaupten, daß wir von der Existenz und der Allgemeinheit dieses Gesetzes besser und inniger überzeugt sind, als wir dieß vielleicht von irgend einer anderen unserer sogenannten menschlichen Wahrheit, selbst von derjenigen nicht rühmen können, an deren Richtigkeit es noch keinem Menschen zu zweifeln eingefallen ist.

(Wie weit sich dieses Gesetz im Weltraume erstreckt.) Von der Allgemeinheit dieses Gesetzes, sagte ich. Das heißt nun, von einer Allgemeinheit, die sich nur eben so weit, als unser Sonnensystem selbst erstreckt. — Dieß ist aber kein kleiner Raum. Der von der Sonne am meisten entfernte Himmelskörper, den wir bisher in unserem Systeme kennen gelernt ha-

ben, ist der große Komet von dem Jahre 1680. Er entfernt sich von der Sonne bis auf 17600 Mill. Meilen, also über 880 Mahl weiter als die Erde. Eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde, ohne zu ermatten, 600 Pariser Fuß zurücklegt, würde diesen Kometen in seiner Sonnenferne erst in 21400 Jahren erreichen, und selbst das Licht, das den Weg von der Sonne zur Erde, eine Distanz von nahe 21 Millionen Meilen, schon in 8 Minuten und 13 Secunden zurücklegt, würde nahe einen halben Tag auf derselben Reise zubringen. Da nun, unsern Beobachtungen zu Folge, auch dieser Komet noch demselben Gesetze der allgemeinen Schwere gehorcht, so erstreckt sich das Gebieth der Sonne, so weit wir es kennen, auf einen kugelförmigen Raum um die Sonne, deren Halbmesser wenigstens 17600 Millionen Meilen beträgt, und innerhalb dieses weiten Reiches ist Alles jenem großen Gesetze unterthan.

Aber außer diesem Reiche? Jenseits der Gränzen des Sonnengebiethes? — Dort ist eine uns noch ganz fremde und völlig unbekannte Welt. Wissen wir doch nicht einmahl, wo diese Gränze liegt, und wo die vielleicht eben so großen Reiche der anderen Sonnen anfangen, die wir in einer sternhellen Nacht in unzählbarer Menge an dem Himmel erblicken. Unsere Kenntnisse von jenen Gegenden sind durchaus nur negativer Art, und wir können z. B. bloß sagen, daß der nächste dieser Fixsterne wenigstens vier Billionen Meilen, oder 200000 Mahl weiter als die Sonne von uns entfernt seyn müsse. Ob er aber vielleicht noch 2 oder 10 oder 100 Mahl weiter von uns absteht, das ist uns gänzlich unbekannt. Demnach liegt also zwischen der Sonnenferne jenes äußersten Kometen und zwischen dem Mittelpuncte des uns nächsten Sonnengebiethes noch eine ungeheure Wüste, deren Breite wenigstens über 3980000 Mill. Meilen beträgt, und die sich wie eine breite Zone rings um unser System erstreckt, so daß die ganze Fläche dieser Wüste über 50 Quadrillionen Quadratmeilen beträgt.

Welche Bewegungen, welche Gesetze der Bewegungen werden aber jenseits dieser Gränze, in jenen so furchtbar weit entfernten Räumen des Himmels herrschen? — Es scheint verwegen, auch nur so zu fragen. Wer von uns kann, auch nach Tausenden von Jahren, darauf antworten?

(Auch die Fixsterne sind demselben Gesetze unterworfen.) Und doch — auch die Auflösung dieses Räthsels ist nicht unmöglich; es ist nicht einmahl so schwer, als man anfangs denken sollte, und kurz: es ist schon aufgelöst.

Ohne Zweifel sind diese zahllosen und so weit von uns entfernten Fixsterne nur wieder eben so viele Sonnen, die, gleich den unsern, Tausenden von Planeten und Kometen, die sich um sie bewegen, Licht und Wärme geben. Aber diese Planeten sind, als an sich dunkle und ihr Licht nur von ihren Sonnen borgende Körper, viel zu schwach erleuchtet, und zugleich viel zu klein, als daß wir je hoffen dürften, sie in diesen großen Abständen von uns, auch mit unsern besten Fernröhren, je zu erblicken. Von dieser Seite ist also keine Hoffnung, irgend einmahl etwas Näheres über die Bewegungen derjenigen Himmelskörper zu erfahren, die sich jenseits der Gränze unseres Sonnensystems befinden.

Allein unter diesen Sternen sieht man häufig zwey, die einander ungemein nahe stehen. Man pflegt diese Sternenpaare Doppelsterne zu nennen, und man war anfangs der Meinung, daß sie nur deßhalb so nahe aneinander zu stehen scheinen, weil sie für uns auf derselben Gesichtslinie sich befinden, und daß sie daher, ihrer scheinbaren Länge ungeachtet, doch durch viele Millionen, ja Billionen von Meilen von einander getrennt seyn können. Allein, indem man diese Doppelsterne genauer untersuchte und längere Zeit beobachtete, fand man, daß gewöhnlich der eine derselben sich um den andern bewege. Diese Bewegung ist bey mehreren Doppelsternen so stark, daß schon ein halbes Jahrhundert (denn so lange ist es nun, daß man diesen interessanten Gegenständen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat) hinreicht, die Umlaufszeit des einen um den andern mit hinlänglicher Genauigkeit zu bestimmen. Diese beträgt z. B. bey dem schönen Doppelstern Castor, in den Zwillingen, 253, bey ξ im großen Bären 58, bey γ in der nördlichen Krone 43 Jahre u. s. w. Man hat sogar bey den genannten und bey noch mehreren anderen auch schon die Gestalt der Bahn bestimmt, in welcher diese Bewegung vor sich geht, und man hat das überraschende Resultat gefunden, daß die Bahn des einen dieser Sterne eine Ellipse ist, in deren Brennpunct der andere liegt. Daraus folgt

aber, wie wir oben (Seite 85) gesehen haben, sofort, daß die Attractionskraft des Centralkörpers dieser Sternenpaare sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernung verhalten muß, und daß daher das Gesetz, welches Newton als das unserem Sonnensysteme eigenthümliche, entdeckt hat, auch jenseits der Gränzen dieses Systems gelte, und daß es daher wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der Natur ist. Welches Entzücken würde dem großen Manne, der schon aus Freude über seine Entdeckung erkrankte, zu Theil geworden seyn, wenn ihm diese Ausdehnung seines Gesetzes über den ganzen endlosen Weltenraum bekannt geworden wäre.

(Nächste Folgen dieser wichtigen Entdeckung.)

Wie eine neu entdeckte Wahrheit selten allein steht, sondern immer eine Reihe anderer in ihrem Gefolge mit sich führt, so geschah es auch hier. Nachdem das Gesetz der allgemeinen Schwere einmahl bekannt war, sah man aus ihm, wie aus einer reichen Quelle, eine große Menge anderer, nicht minder interessanten und wichtigen Entdeckungen fließen, die größtentheils alle der Art waren, daß die Alten, denen dieses Gesetz ganz unbekannt war, nicht einmahl vernünftiger Weise auch nur ahnen konnten, da ihnen alle Wege, zu denselben zu gelangen, fest verschlossen waren. Wir wollen, zum Schlusse unserer gegenwärtigen Betrachtungen, nur eine dieser Entdeckungen etwas näher anführen.

Wenn die mit der Astronomie unbekannten Leute hören, daß man in dieser Wissenschaft die Entfernung der Sonne und des Mondes, und aller Planeten bestimmt, zu denen doch Niemand von uns gelangen kann, so bemächtigt sich ihrer eine Art von Ungläubigkeit, die sich gewöhnlich durch Gründe, für die sie nicht viel Sinn haben, nur schwer bekämpfen läßt. Welch' andere Gefühle aber wird man in ihnen erregen, wenn sie nun hören, daß die Astronomen sogar die Massen und die Dichte des Stoffes, aus welchen jene Himmelskörper gewebt sind, bestimmen. Wenn man ihnen z. B. sagt, daß man, wenn man die Sonne in eine der beyden Schalen einer Wage legen könnte, in die andere 338980 solcher Kugeln, wie

unsere Erde ist, legen müßte, um die Wage im Gleichgewichte zu halten; daß diese Sonne an ihrem Volum 1 ½ Millionen Mahl größer ist, als die Erde, oder daß man aus ihr 1 ½ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde, machen könnte; daß die Sonne die Dichtigkeit unseres Bernsteins, Venus die des Glases, Saturn die des Cedernholzes habe; daß die Körper, die auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen, auf der des Mondes nur durch 6, auf jener der Sonne aber durch 430 Fuß fallen u. s. w. Kann man es ihnen, denen alle Mittel, zu solchen Kenntnissen zu gelangen, so ganz fremd sind, kann man es ihnen verargen, wenn sie demjenigen, der ihnen solche Dinge verkündigt, entweder gar nicht, oder doch nur in der Absicht anhören, zu erfahren, wie geschickt er sich aus der sich selbst gelegten Schlinge ziehen, oder wie fein er es wohl anfangen wird, ihnen seinen Sand in die Augen zu streuen, um sie am Ende doch nur mit einem Galimathias hochtrabender und nichtssagender Worte wieder nach Hause zu schicken.

Ich bin weit entfernt, bey meinen Lesern auch dergleichen zu erwarten, wenn ihre Geduld mir in der That bis hieher gefolgt ist, weil sie dann, durch das Vorhergehende, selbst schon sich in den Stand gesetzt sehen werden, alle jene Fragen ohne meiner Beyhülfe zu beantworten. Auch sind diese Antworten so leicht, und so unmittelbare Folge aus dem oben erwähnten Gesetze der allgemeinen Schwere, daß gewiß, wenn ich es nicht gar zu sehr an mir selbst fehlen lasse, keiner meiner Leser über Dunkelheit klagen wird, sondern daß ich vielmehr die meisten derselben, am Ende unserer Unterhaltung, schon ausrufen höre: „Und weiter war es nichts?"

(Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.)

Versuchen wir also unser Glück, und fangen wir gleich mit der Frage an: „Wie vielmahl größer ist die Masse der Sonne, als die unserer Erde?"

Nach dem oben aufgestellten Gesetze ist die Anziehungskraft eines jeden Körpers auf einem außer ihm gelegenen Punct gleich der Masse dieses Körpers dividirt durch das

Quadrat seiner Entfernung von dem angezogenen Puncte. Also ist auch, umgekehrt, die Masse gleich der Anziehungskraft multiplicirt in das Quadrat der Entfernung.

Das eigentliche Maß der Anziehungskraft ist aber (nach Seite 82) die kleine Linie Am, um die der angezogene Punct während einer Secunde zu dem anziehenden Körper fällt, und diese kleine Linie endlich ist (a. a. O.) gleich der Entfernung des Punctes multiplicirt in das halbe Quadrat des kleinen Bogens, welchen dieser Punct während einer Secunde um den anziehenden Körper beschreibt.

Wenden wir dieß sogleich auf unsere Frage an. — Aus der bekannten Länge des Jahres findet man, daß die Erde in jeder einzelnen Secunde den kleinen Winkel von 0''.0411 um die Sonne beschreibt. Multiplicirt man diese Zahl durch 0.00000 48481, so erhält man den Bogen, den die Erde in jeder Secunde in ihrer Bahn zurücklegt, gleich 0.000000 1993. Aber die Entfernung der Erde von der Sonne ist 392 Mahl größer, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Multiplicirt man also die Hälfte dieser Entfernung, oder 196 in das Quadrat der vorhergehenden, für den Bogen gefundenen Zahl, so erhält man für das gesuchte Maß der Anziehung der Sonne auf die Erde die Größe 0 000000 000007 782 Halbmesser der Mondesbahn. Multiplicirt man endlich, um diese Kraft der Sonne auf die Erde für den Fall zu erhalten, daß die Erde so weit von der Sonne absteht, als der Mond von der Erde entfernt ist, multiplicirt man, sage ich, diese Zahl mit dem Quadrat der Entfernung der Erde von der Sonne, das heißt, mit dem Quadrat von 39, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 0.000001 19581.

Verfahren wir nun ganz eben so mit dem Monde in Beziehung auf die Erde. Der Mond beschreibt in jeder Secunde um die Erde einen Winkel von 0''.54788, also einen Bogen von 0.000002 6562 Theilen des Halbmessers. Da aber der Halbmesser der Mondesbahn hier als die Einheit angenommen worden ist, so wird die Anziehung der Erde auf den Mond gleich seyn der Hälfte des Quadrats der letzten Zahl,

das heißt, gleich 0.000000000003 5278, und diese Zahl wird zugleich die Masse der Erde ausdrücken, weil der Halbmesser der Mondesbahn gleich der Einheit ist.

Es verhält sich also die Masse der Sonne zur Masse der Erde, wie die beyden gefundenen Zahlen 0.000001 19581 zu 0.000000000003 5278, das heißt, wie 338980 zu 1, oder die Masse der Sonne ist 338980 größer als die Masse der Erde, wie wir schon oben angegeben haben.

(Vereinfachung der vorhergehenden Darstellung.) Wem vielleicht die vorhergehenden Rechnungen mit den großen, oder eigentlich mit den sehr kleinen Zahlen noch etwas unbequem fallen, der kann sich mit einer geringen Reflexion das ganze Geschäft sehr abkürzen. In der That, es wurde oben gesagt, die Masse sey das Product der kleinen Linie Am in das Quadrat der Entfernung. Allein diese Linie Am ist gleich dem halben Producte derselben Entfernung in das Quadrat des Bogens, oder was hier, wo es sich nur um Verhältnisse handelt, dasselbe ist, die Linie Am ist gleich dem Producte der Entfernung in das Quadrat des Winkels, welchen der angezogene Punct in einer Secunde beschreibt. Also ist auch „die Masse des anziehenden Körpers gleich dem Quadrate dieses Winkels multiplicirt in den Würfel der Entfernung des angezogenen Punctes."

In dieser Gestalt desselben Satzes wird die Rechnung viel einfacher. In der That, für die Sonne ist der erwähnte Winkel 0″0411 und die Entfernung 392, also das Product des Quadrats von 0.0411 in den Würfel von 392, oder die Masse der Sonne gleich 101752. — Für den Mond aber ist jener Winkel 0″.54788 und die Entfernung gleich 1, also das Product des Quadrats von 0.54788 in den Würfel von 1, oder die Masse der Erde gleich 0.3001724. Die Masse der Sonne verhält sich also zu jener der Erde wie 101752 zu 0.3001724, oder wie 338980 zu 1 wie zuvor.

(Bestimmung der Masse der Planeten gegen die der Sonne.) Ganz eben so wird man auch die Massen al-

ler derjenigen Planeten bestimmen können, die mit Satelliten versehen sind. Der vierte Satellit Jupiters z. B. vollendet seinen Umlauf um diesen Planeten in 16.68877 Tagen, also beschreibt er in einer Secunde den Winkel von 0″.8988. Seine Entfernung von dem Mittelpuncte des Hauptplaneten beträgt 252300 Meilen, während die Entfernung der Erde von der Sonne 20658000 Meilen, also nahe 81.9 Mahl größer als jene ist. Der Winkel endlich, welchen die Erde während einer Secunde um die Sonne beschreibt, ist, nach dem Vorhergehenden, 0.0411 Secunden. Multiplicirt man also das Quadrat von 0.0411 mit dem Würfel von 81.9, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 927.98. Und multiplicirt man das Quadrat von 0.8988 mit dem Würfel von 1, so erhält man für die Masse Jupiters die Zahl 0.80786. Die Masse der Sonne verhält sich also zur Masse Jupiters wie 927.98 zu 0.80786, oder wie 1149 zu 1. Da wir aber oben die Masse der Sonne 338980 Mahl größer als die der Erde gefunden haben, so ist auch die Masse Jupiters 295 Mahl größer, als die der Erde. Eben so findet man, daß die Masse Saturns 95 und die des Uranus 17 Mahl größer ist, als die der Erde.

(**Bestimmung des Falls der Planeten gegen die Sonne in jeder Secunde.**) Wir haben oben für das Maß der Anziehung der Sonne auf die Erde, das heißt für die kleine Linie Am, um welche die Erde in jeder Secunde gegen die Sonne fällt, die sehr kleine Zahl 0.000000 000007 782 gefunden, wobey der Halbmesser der Mondesbahn als Einheit vorausgesetzt wurde. Da aber dieser Halbmesser 51357 deutsche Meilen beträgt, jede zu 22842 Pariser Fuß gezählt, so beträgt jener Fall von der Erde in jeder Secunde 0.009129 Pariser Fuß oder 1.3146 Linien. Wäre die Erde noch einmahl so weit von der Sonne entfernt, so würde, da nach unserem Gesetze die Kraft der Attraction sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, dieser Fall der Erde gegen die Sonne nur mehr den vierten Theil dieser Größe, oder 0.3286 Linien betragen; für eine 3, 4, 5 Mahl größere Entfernung würde dieser Fall nur $1/9$, $1/16$, $1/25$ jener ersten Größe 1.3146 Linien seyn u. s. w.

Man sieht daraus, wie man, da der Fall der Erde bekannt ist, auch den aller übrigen Planeten finden kann, sobald ihre Entfernung von der Sonne gegeben ist. Jupiter z. B. ist 5.201 Mahl weiter von ihr, als die Erde entfernt, also beträgt der Fall Jupiters zur Sonne in einer Secunde nur 0.0486 Linien. Für Merkur ist dieser Fall 8.5 und für Uranus 0.003 Linien.

(**Fall der Körper auf der Oberfläche der Planeten.**) Ganz eben so leicht läßt sich aber auch, durch dasselbe Gesetz, der Fall der Körper selbst, auf den Oberflächen der verschiedenen Planeten bestimmen, da derselbe nur gleichsam der unmittelbare Ausdruck dieses Gesetzes ist. In der That, nimmt man die Masse und den Halbmesser der Erde und den Fall der Körper auf der Oberfläche derselben für die Einheiten dieser drey Gattungen von Größen an, so läßt sich jenes Gesetz ganz einfach so ausdrücken: „Der Fall der Körper auf der Oberfläche eines Planeten ist gleich „der Masse dieses Planeten, dividirt durch das Quadrat des Halb„messers desselben.“ — Die Masse Jupiters z. B. ist 316 Mahl größer als die der Erde, und sein Halbmesser ist 11 Mahl größer als der Halbmesser der Erde, also ist auch der Fall der Körper auf der Oberfläche dieses Planeten 316, dividirt durch das Quadrat von 11, oder $^{316}/_{121}$, das heißt, 2.61 Mahl größer als der Fall der Körper auf der Erde. Da nun die Körper auf der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen, so müssen die auf der Oberfläche Jupiters in derselben Zeit 2.61 Mahl tiefer, oder sie müssen durch 39.15 Fuß fallen. Für den Planeten Mars findet man diesen Fall gleich 6.3, und für die Sonne endlich gleich 430.0 Pariser Fuß.

(**Bestimmung der Massen der Fixsterne.**) Wir haben bereits oben gesehen, daß das Gesetz der allgemeinen Schwere sich nicht bloß auf unser Sonnensystem, sondern daß es sich auch auf die Systeme der Doppelsterne erstreckt. Die Umlaufszeiten mehrerer dieser Gestirne um ihren Centralkörper sind uns, wie wir oben gesagt haben, bereits bekannt. Wenn wir nun auch, durch künftige Beobachtungen, dahin gelangen sollten, die Halbmesser der Bahnen dieser Doppelsterne in unserem Maße z. B.

in Meilen, anzugeben, so werden wir daraus, ganz so wie oben bey dem Monde oder bey den Planeten, auch den Fall dieser Gestirne gegen ihren Centralkörper angeben können. Ist uns aber dieser Fall des Gestirns und seine Entfernung von dem Centralkörper bekannt, so werden wir daraus, durch eine einfache Anwendung unseres Gesetzes, auch denjenigen Fall bestimmen können, welchen das Gestirn haben würde, wenn es von seinem Centralkörper eben so weit entfernt wäre, als die Erde von der Sonne entfernt ist. Vergleicht man dann diesen Fall mit dem der Erde selbst, den wir oben gleich 0.0091292 Fuß gefunden haben, und findet man z. B., daß jener 2, 3, 4 Mahl größer ist als dieser, so wird auch die Masse jenes Centralkörpers 2, 3, 4 Mahl größer als die Masse der Sonne seyn, und dadurch werden wir also in den Stand gesetzt seyn, die Massen der Doppelsterne zu bestimmen; eine Aufgabe, welche die Massenbestimmungen unserer Planeten, die uns früher so schwer und beynahe unauflöslich erschien, noch weit hinter sich zurück läßt.

Ueberhaupt, wenn man von zwey Körpern, deren jeder um seinen Centralkörper lauft, die Größe Am oder den Fall derselben während einer Secunde kennt, so darf man nur, mittels unseres Gesetzes, nach welchem die Kräfte oder die Fallhöhen sich wie verkehrt die Quadrate der Entfernungen sich verhalten, so darf man, sage ich, nur den Fall des einen dieser beyden Körper auf die Entfernung des andern zurück bringen, und dann haben diese beyden so reducirten Fallhöhen dasselbe Verhältniß, wie die Massen der beyden Centralkörper.

Nehmen wir an, um dieses auf ein besonderes Beyspiel anzuwenden, daß der Halbmesser der Bahn eines solchen Doppelsterns 20 Mahl größer sey, als der Halbmesser der Erdbahn, und daß sein Fall gegen den Centralkörper, den Beobachtungen gemäß, gleich $^1/_{10}$ Fuß in einer Secunde gefunden worden sey.

Da unsere Erde in jeder Secunde, wie wir oben gefunden haben, um 0.009129 Fuß gegen die Sonne fällt, so würde sie, unserem Gesetze gemäß, wenn sie so wie jener Stern 20 Mahl weiter von der Sonne entfernt wäre, in einer Secunde nur mehr durch $\frac{0.009129}{400}$, oder durch 0 0000228 Fuß fallen. Der Stern fällt aber in derselben Zeit gegen seine Centralsonne

um 0.1 Fuß, also verhält sich auch die Masse jenes Centralsterns zur Masse unserer Sonne wie 0.1 zu 0.0000228, oder wie 4380 zu 1, das heißt, die Masse des Centralsterns ist 4380 Mahl größer, als die der Sonne.

Oder auch umgekehrt: Der Stern fällt in seiner Entfernung von 20 Erdweiten in einer Secunde durch 0.1 Fuß. Er würde daher, wenn er seinem Centralstern 20 Mahl näher, das heißt, so nahe, als die Erde der Sonne wäre, in derselben Zeit durch 400 Mahl 0.1, das heißt durch 40 Fuß fallen, woraus wieder folgt, daß die Masse des Centralsterns zu der unserer Sonne sich verhält wie 40 zu 0.009129, oder wie 4380 zu 1, wie zuvor.

(Andere Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.) Auf demselben Wege läßt sich auch die Masse der Sonne oder der Erde, selbst ohne Hülfe des Mondes, bestimmen. In der That, auf der Oberfläche der Erde legen die Körper, während der ersten Secunde ihres Falles, 15 Fuß zurück. Hier sind sie von dem Mittelpuncte der Erde um den Halbmesser derselben entfernt. Wenn sie aber von diesem Mittelpuncte um 23600 Erdhalbmesser, das heißt, eben so viel, als die Erde von der Sonne entfernt wären, so würden sie in einer Secunde, nach dem erwähnten Gesetze, nur mehr um 15 dividirt durch das Quadrat von 23600, das heißt nur mehr um 0.000000026932 Fuß gegen diesen Mittelpunct fallen. Allein die Erde selbst fällt gegen die Sonne in einer Secunde, wie wir oben gesehen haben, um 0.009129 Fuß. Nennt man also überhaupt die Entfernung der Erde von der Sonne eine Erdweite, so fällt jeder Körper, der von der Sonne eine Erdweite entfernt ist, in einer Secunde um 0.009129 Fuß, wenn er von der Sonne angezogen wird, und derselbe Körper fällt, wenn er von der Erde angezogen wird, und von derselben ebenfalls eine Erdweite entfernt ist, in derselben Zeit nur durch 0.000000026932 Fuß. Da aber diese beyden Fallhöhen sich wie die beyden wirkenden Kräfte, deren Maß sie sind, das heißt, wie die Massen der beyden anziehenden Körper verhalten müssen, so verhält sich die Masse der Sonne zu der der Erde, wie die beyden letz-

genannten Zahlen, oder wie 338074 zu 1, sehr nahe, wie oben gefunden wurde.

(**Bestimmung der Grösse der Himmelskörper.**) Gehen wir nun zu der Bestimmung der Größe der Himmelskörper über, so ist diese sehr leicht, wenn man einmahl die Entfernung derselben von uns kennt. Man multiplicirt nähmlich den Winkel, unter welchem uns der Halbmesser des Gestirns erscheint, durch die bekannte Entfernung desselben, und durch die oben (S. 81) erwähnte Zahl 0.0000048481, so erhält man sofort die absolute Größe dieses Halbmessers in demselben Maße ausgedrückt, in welchem man die Entfernung des Gestirns angenommen hat. Der Halbmesser der Sonne z. B. erscheint uns unter dem Winkel von 996 Secunden, und dieser Himmelskörper ist von uns 20658000 Meilen entfernt, also beträgt auch der wahre Halbmesser der Sonne 99750 Meilen. Da nun der Halbmesser der Erde bekanntlich nur 859 Meilen hat, so ist der Halbmesser, also auch der Durchmesser der Sonne nahe 116 Mahl größer als der Durchmesser der Erde. Da ferner die Oberflächen der Kugeln sich wie die Quadrate, und die Inhalte oder Volumina derselben sich wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so ist die Oberfläche der Sonne 13456 Mahl größer als die der Erde, und das Volum der Sonne ist 1561000 Mahl größer als das der Erde. Eben so findet man das Volum Saturns 928 und das Volum Jupiters 1330 Mahl größer als das der Erde.

(**Bestimmung der Dichtigkeit der Himmelskörper.**) Nachdem wir nun das Volum sowohl, als auch die Masse der Himmelskörper kennen gelernt haben, wird es keine Schwierigkeit mehr haben, auch die Dichtigkeit des Stoffes, aus welchem sie bestehen, zu bestimmen. Die Dichte eines jeden Körpers ist nähmlich nichts anderes, als das Verhältniß seiner Masse zu seinem Volum, weil die Dichte der Körper in demselben Verhältnisse größer wird, in welchem die Masse bey demselben Volum wächst, oder in welchem das Volum bey derselben Masse abnimmt, so daß man daher nur die Masse

eines Körpers durch sein Volum dividiren darf, um die Dichte desselben zu erhalten. Wir fanden z. B. für die Masse der Sonne 338980, und für ihr Volum 1560000, wenn Masse und Volum der Erde gleich der Einheit vorausgesetzt wird. Also ist auch die Dichte der Sonne 0.22 von der der Erde. Eben so wurde die Masse Saturns 95, und das Volum 928 von dem der Erde gefunden, also ist auch die Dichte Saturns nur 0.12 der Dichte der Erde. Nun kennt man aber die Dichte der Erde, die nahe 4 Mahl größer ist, als die des reinen Regenwassers. Also kann man auch die Dichte jener Himmelskörper gegen das Wasser, und überhaupt gegen alle diejenigen Körper auf der Oberfläche unserer Erde angeben, deren Dichte man bereits mit jener des Wassers durch die bekannten Experimente bestimmt hat.

(**Schlussbemerkung über die Art, wie diese Entdeckung gemacht worden ist.**) Es sey mir erlaubt, diesen, wenn auch nicht durch meine Darstellung, doch durch seinen Inhalt, wie ich glaube, jedem an Nachdenken gewöhnten Leser höchst interessanten Gegenstand mit einer Bemerkung zu beschließen. — Wenn wir alles Vorhergehende noch einmahl mit einem Blicke übersehen, so ging Newton von der Idee aus, daß die Attractionskraft der Erde, wenn überhaupt eine solche existirt, sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung der angezogenen Körper verhalte, und daß bey einem um diese Erde bewegten Körper das Maß dieser Anziehung die kleine Linie Am oder der Sinusversus (S. 82) des Bogens sey, welchen dieser Körper während seiner Bewegung um die Erde in einer Secunde zurücklegt. Wir haben oben (Seite 83) gesehen, wie man diesen Sinusversus für jeden Bogen finden kann, wenn die Umlaufszeit und die Entfernung des Körpers von der Erde gegeben ist.

Um sich von der Wahrheit seiner Vermuthung durch eine unmittelbare Beobachtung in der Natur zu überzeugen, wählte Newton die Bewegung des Mondes um die Erde, die er mit der Bewegung der auf der Oberfläche der Erde frey fallenden Körper vergleichen, und dadurch prüfen wollte, ob in

der That beyden Bewegungen eine und dieselbe Ursache, nähmlich die nach jenem Gesetze wirkende Anziehung der Erde, zum Grunde liege. Zu dieser Untersuchung mußte er sowohl die Entfernung des Mondes von der Erde, als auch den Halbmesser der Erde, und zwar in Fußen oder sonst einem bekannten Maße ausgedrückt, als bekannt voraussetzen, weil der Fall der Körper auf der Erdoberfläche auch in demselben Maße durch unmittelbare Beobachtungen gegeben wurde. Allein beyde diese Dinge waren zu seiner Zeit nicht mit der hier nothwendigen Schärfe bekannt, und wir haben gesehen, wie sehr und wie lange dadurch seine schöne Entdeckung verzögert worden ist. Auch blieb, selbst nachdem dieselbe endlich gemacht worden war, doch noch immer die wichtige Frage übrig, ob wohl dasselbe, was er so eben für die Erde und den Mond gefunden hatte, auch sofort für die Sonne und für alle Planeten und Kometen unseres Systems gelten könne, und diese letzte Frage war es auch eigentlich, die, als die bey weitem allgemeinere und wichtigere, hier vorzüglich beantwortet werden sollte. Newton schloß sie aus Induction, indem er das, was er für die Erde gefunden hatte, der Analogie gemäß auch auf die Sonne übertrug. Zwar ließ es der große Mann später nicht an Beweisen fehlen, daß seine Induction ihn auf gutem Wege führe, und eigentlich kann jedes Blatt seiner Principien statt eines solchen Beweises dienen, und in dieser Beziehung konnte durchaus nichts mehr zu wünschen übrig bleiben.

Demungeachtet muß man gestehen, daß er schneller zu seinem Ziele gekommen, daß er in seiner Entdeckung nicht so lange aufgehalten worden wäre, wenn er, um die Wahrheit seiner Schlüsse in der Natur selbst nachzuweisen, nicht den Mond, sondern die Planeten in ihren Bewegungen um die Sonne zum Gegenstande seiner Prüfung gewählt hätte, wodurch er zugleich jenes allgemeine Problem gefunden haben würde, von welchem das von ihm gewählte Beyspiel mit dem Monde, nur als ein specieller Fall erscheint. In der That waren die Bewegungen dieser Planeten um die Sonne zu seiner Zeit nicht nur schon sehr genau bekannt, sondern Kep-

ler hatte bereits ein Jahrhundert vorher das Gesetz angegeben, nach welchem diese Bewegungen vor sich gehen. Er hatte nähmlich gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Himmelskörper sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten, und er hatte zugleich gezeigt, daß dieses Gesetz mit den Beobachtungen, besonders bey den vier Satelliten Jupiters, so gut übereinstimme, daß man an der Existenz desselben nicht weiter zweifeln konnte. Diesem gemäß hätte Newton, um die Richtigkeit seiner Schlüsse auch in der Natur, und zwar im Großen nachzuweisen, nur zeigen dürfen, daß diese Schlüsse unmittelbar auf das von Kepler entdeckte Gesetz führen, so daß sie gleichsam nur ein anderer Ausdruck dieses Gesetzes sind, dessen Existenz bereits durch vorhergehende Beobachtungen vollkommen erwiesen war.

In der That, Newton nahm an, daß die Kraft jedes Centralkörpers auf die sich um ihn bewegenden Körper, daß also z. B. die Kraft der Sonne, mit welcher sie die Planeten anzieht, sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalte, oder mit andern Worten: daß diese Kraft gleich sey der Einheit dividirt durch das Quadrat der Entfernung. Seine geometrische Betrachtung dieses Gegenstandes aber zeigte ihm, daß diese Kraft durch den Sinusversus des kleinen Bogens vorgestellt werden könne, welchen der Planet in einer Secunde beschreibt, das heißt, daß diese Kraft auch gleich ist (Seite 82) der Entfernung des Planeten multiplicirt in das halbe Quadrat dieses Bogens. Wenn man diese beyden Ausdrücke der Kraft der Sonne einander gleich setzt, so findet man sofort, daß in unserem Sonnensysteme die Würfel der Entfernungen sich wie verkehrt die Quadrate dieser Bogen verhalten. Allein da diese Bogen bey verschiedenen Planeten sich wie verkehrt die Umlaufszeiten derselben um die Sonne verhalten müssen, so folgt daraus unmittelbar, daß die Würfel der Entfernungen oder daß die Würfel der Halbmesser der kreisförmigen Bahnen der Planeten dasselbe Verhältniß unter sich haben, wie die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Planeten, welches eben das erwähnte, von Kepler entdeckte Gesetz ist, dem die Bewegungen aller Himmelskörper unseres Sonnensystems unterworfen sind. Da sonach

dieses Gesetz, dessen Existenz bereits erwiesen war, nur eine einfache und unmittelbare Folge der Annahme war, daß die Anziehung der Sonne und überhaupt aller himmlischen Körper sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernung verhalte, so war durch die Entdeckung dieses Zusammenhanges auch die Richtigkeit dieser Annahme als bewiesen anzusehen, und es war jetzt nur mehr übrig, aus diesem einfachen Gesetze alle die oft sehr verwickelten Erscheinungen zu erklären, welche die Bewegungen dieser Himmelskörper unsern Beobachtungen darbiethen, ein Unternehmen, zu dessen Ausführung, die wir, in ihren Hauptmomenten wenigstens, ebenfalls Newton verdanken, ein ungleich höherer Grad von geistiger Kraft, als zu jener Entdeckung, erfordert wurde.

Ich habe mich bemüht, diese wichtige Entdeckung, die größte, die vielleicht je gemacht worden ist, meinen Lesern auf eine einfache und gemeinfaßliche Weise darzustellen, und durch sie mehrere der interessantesten Fragen der Astronomie zu beantworten, deren Auflösung auf den ersten Blick sehr schwer, ja ganz unmöglich scheinen muß. Die kleinen Rechnungen, wenn sie ja so heißen dürfen, die ich mir dabey erlaubte, werden, wie ich wünsche und hoffe, von Jedem ohne Mühe mitgemacht und selbst allein ausgeführt werden, da sie durchaus keine anderen Kenntnisse der gemeinen Arithmetik voraussetzen, als diejenigen sind, welche in unserem gewöhnlichen Leben beynahe alltäglich vorkommen. Es sollte mich daher freuen, wenn der Inhalt der vorhergehenden Blätter dem Leser, der für solche Gegenstände Sinn hat, noch weniger Mühe gehabt haben sollte, als mir die Darstellung desselben kostete, und wenn wenigstens mehrere von ihnen, überrascht von der Leichtigkeit, mit welcher man zu scheinbar so hoch gestellten Dingen dieser Art gelangen kann, in den oben, im Eingang dieser Schrift erwähnten Ausruf mit einstimmen sollten.

Sinus versus p: 82.
wieviel die Erde in jeder Sekunde in ihrem Laufe um die Sonne beschreibt p: 90.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Littrow, Joseph Johann <<von>>,

Geschichte der Entdeckung der allgemeinen Gravitation durch Newton

Wien 1835

Bamberg, Staatsbibliothek -- Astr.o.4-m
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11424159-7